А.С.Кобець

Ю.О.Чурсінов

С.А.Черних

М.П.Сабадаш

Н.В.Грекова

В.П.Канунніков

Машини і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна

Навчальний посібник

Дніпропетровськ 2013

А.С. Кобець, Ю.О. Чурсінов, С.А. Черних, М.П. Сабадаш,

Н.В. Грекова, В.П. Канунніков

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ І ПРОДОВОЛЬСТВА
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Машини і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна

Рекомендовано Міністерством аграрної політики і продовольства України як навчальний посібник для підготовки фахівців ОКР «бакалавр» напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» у вищих навчальних закладах II-IУ рівнів акредитації Мінагрополітики і продовольства України (лист №18-28-13 1898/ від 30.12.2011 р.)

Дніпропетровськ 2013

УДК 664.641.002.5(075.8)

Машини і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна / *А.С.Кобець*, *Ю.О.Чурсінов*, *С.А.Черних*, *М.П. Сабадаш, Н.В.Грекова*, *В.П. Канунніков – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2013.- с.*
ББК 36.82 Я 73
Т 38

Викладено матеріал щодо сучасних механізованих процесів та технологічного обладнання для зберігання та переробки зерна, харчових продуктів і комбікормів. Описані нові види технологічних схем млинів, крупорушок, і комплектного обладнання для виготовлення олії та комбікормів на місті виробництва сировини. Наведено розгляд машин і обладнання конкретного напрямку зберігання і переробки та об'єднання їх в групи за функціональним призначенням у технологічній схемі. Зокрема, детально розглянуто функціональні схеми, суть робочих процесів, приведена характеристика машин, які призначені для підготовки і зберігання зерна і насіння олійних культур до зберігання, переробки, виконання основних операцій. Нормативи і прийоми, запропоновані в посібнику, розроблені на підставі вивчення досвіду промисловості, а також останніх досягнень науки і техніки.

Призначено для студентів вузів (освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр, спеціаліст) напрямку «Харчові технології та інженерія» та спеціальностей «Технологія зберігання і переробки зерна», «Агрономія», «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». Може бути використаний студентами споріднених спеціальностей, магістрами, аспірантами, інженерно-технічними працівниками, які зайняті в галузі зберігання і переробки зерна.

Рецензенти:
доктор технічних наук, професор Півоваров О.А.;
професор Ільченко В.Ю.

А.С.Кобець, *Ю.О.Чурсінов*, *С.А.Черних*, *М.П.Сабадаш, Н.В.Грекова*, *В.П.Канунніков, 2013*

Дніпропетровський державний аграрний університет, 2013

ISBN

ЗМІСТ

ВСТУП
1. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА…… ……..
1.1 Класифікація машин для обробки зерна……..
1.2 Зерноочисні і сортувальні мобільні машини для обробки зернового вороху……
1.3 Очисники вороху стаціонарні……...
1.4 Універсальні зерноочисні машини……...
1.5 Пневматичні сепаратори……
1.6 Зерноочисні решітні і повітряно-ситові сепаратори……...
1.7 Сепаратори насіння діелектричні…….
1.8 Калібрувальні машини……...
Контрольні запитання……
2. УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ…….
2.1 Зерно як об’єкт сушіння…….……...
2.2 Кінетика процесу сушіння…….
2.3 Структура волого-обмінних процесів сушіння……...
2.4 Класифікація сушарок зерна…….
2.5 Технологічний регламент процесу сушіння. Режими сушіння зерна…….
2.6 Функціонально-параметричні схеми основних типів сушарок….
2.7 Іноземні зерносушарки……..……
2.8 Пристрої для попереднього нагрівання зерна…….
2.9 Прив’язка зерносушарок……..…….
Контрольні запитання…….
3. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ……..
3.1 . Класифікація зерносховищ ..……...
3.2 Зерносклади і немеханізовані сховища……
3.3 Типи зернових складів……...
3.4. Автоматичні сховища-елеватори……..……...
3.4.1. Залізобетонні силоси великої ємності……..
3.4.2. Залізобетонні елеватори……
3.4.3. Металеві зерносховища…….
3.5. Сховища в середовищі інертного газу……

3.6. Автоматизація управління виробничими процесами на елеваторах…….
3.7. Міні елеватори……...
Контрольні запитання……
4. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА…...
4.1. Класифікація машин і обладнання комплексної переробки зерна……...
4.2. Машини для підготовки зерна до переробки…….
4.2.1. Пневмосепаруючі пристрої……...
4.2.2. Магнітні апарати……...
4.2.3. Ситові сепаратори……..
4.2.4. Вібраційні сепаратори……
4.2.5. Каменевідбірні машини…….
4.2.6. Машини для сухого очищення зерна (оббійні машини)……
4.2.7. Щіткові машини…….
4.2.8. Скальператори……..
4.2.9. Зволожувальні машини і апарати…….
4.2.10. Машини для миття зерна…….
4.2.1.1 Машини для мокрого лущення……...
4.2.12. Вібраційні зволожуючі машини……..
Контрольні запитання…….....
5. МАШИНИ І АПАРАТИ ДЛЯ ГІДРОТЕХНІЧНОЇ ОБРОБКИ КРУП'ЯНИХ КУЛЬТУР…….....
5.1. Апарати для пропарювання зерна……...
5.2. Варочні котли……
5.3. Парові установки для піджарювання круп'яних культур…….
5.4. Комбікормові агрегати і лінії……...
Контрольні запитання……
6. МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ…...
6.1. Класифікація машин для подрібнення зерна……..
6.2. Дробарки молоткові зернові…….
6.3. Вальцеві подрібнювачі…….
6.4. Жорнові млини і крупорушки……..
Контрольні запитання……
7. ЛУЩИЛЬНО-ШЛІФУВАЛЬНІ МАШИНИ……..

7.1. Класифікація машин для лущення-шліфування зерна……..
7.2. Вальцедекові верстати …….
7.3 Лущильно-шліфувальні машини……..
7.4. Відцентрові лущильні машини……
7.5. Лущилки з обгумованими валками……
7.6. Насіннєрушки……
7.7. Плющильні верстати…….
Контрольні запитання……
8. МАШИНИ ДЛЯ ЕКСТРУЗІЙНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНОВИХ І ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР……..
8.1. Екструзія, її види і сировина……
8.2. Класифікація екструдерів…….
8.3.Одношнекові екструдери……..…….
8.4. Двошнекові екструдери……
8.5. Апарати для поглибленої термічної обробки зернової сировини……
8.6. Експандери для обробки зерна……
Контрольні запитання……
9. МАШИНИ ДЛЯ СОРТУВАННЯ ПРОДУКТІВ……
9.1. Класифікація машин для сортування продуктів……
9.2. Ситовійні машини…….
9.3. Розсіви……
9.4. Крупосортувальні машини……..
9.5. Падді-машини……
Контрольні запитання……
10. МАШИНИ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПАКУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА І КРУП…….
10.1. Класифікація машин і обладнання……
10.2. Бункери- накопичувачі продуктів переробки……..
10.3. Дозувальні пристрої……
10.4. Масовимірювальні пристрої……..
10.5. Масовибійні машини……..
10.6. Установки для затарювання мішків……..
10.7. Мішкозашивні машини……...
10.8. Фасовочно-упаковочні автомати……...
Контрольні запитання……
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ…….

ВСТУП

Головною задачею харчової промисловості України є забезпечення населення держави якісними і повноцінними харчовими продуктами в достатній кількості і в широкому асортименті. Виконання цієї задачі повинно забезпечуватися шляхом технічного переобладнання підприємств харчової промисловості на основі оснащення їх потоковими лініями і високоефективним технологічним обладнанням, що забезпечує комплексну переробку сировини і дозволяє підвищити продуктивність праці.

Призначенням харчової промисловості є – за допомогою сучасних методів технологічної переробки рослинної сировини, забезпечити населення України необхідними продуктами харчування в потрібній кількості і високої якості. Ефективність виробництва продуктів харчування залежить від якості підготовленої сировини до переробки, досконалості технологічних процесів та обладнання і кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Виробництво харчових продуктів в розфасованому і запакованому вигляді сприяє удосконаленню процесу торгівлі, зменшенню надлишків товарообігу.

В даний час переробна галузь агропромислового комплексу (АПК) України переживає період технологічного переоснащення, впровадження нових технологій на основі високопродуктивної техніки. Неодмінною умовою прискорення технічного переозброєння переробної галузі є підвищення її ефективності та забезпечення підприємств висококваліфікованими спеціалістами, що володіють новою технікою та вдосконалюють сучасні методи організації виробництва.

Спеціаліст по зберіганню та переробці зерна правильно повинен оцінювати якість зерна та давати рекомендації щодо його поліпшення, бути організатором раціонального зберігання та правильного використання в народному господарстві.

В навчальному посібнику розглянуті сучасні механізовані процеси та технологічне обладнання для зберігання та переробки зерна, харчові продукти і комбікорми.

В даному посібнику приведені характеристики елеваторів різних ємностей і різні види сховищ, для зберігання зерна та приведені характеристики машин і обладнання, які використовуються при обробці зерна. Дається коротке описання технологічних млинів, крупорушок і комплектного обладнання для виготовлення олії та комбікормів на місці виробництва сировини.

Навчальний посібник складається з 10 розділів, в яких описано призначення, робота та розрахунки машин основного технологічного обладнання. Матеріал кожного розділу охоплює розгляд машин і обладнання конкретного напряму переробки та їх об'єднання в групу за функціональним призначенням у технологічній схемі.

Зокрема, детально розглянуто функціональні схеми, суть робочих процесів, приведені технічні характеристики машин, які призначені для зберігання і підготовки зерна і виконання основних операцій виробництва борошна, круп, олії та комбікормів.

Навчальний посібник призначений для студентів вузів (освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр, спеціаліст) напряму «Харчові технології та інженерія» та спеціальностей « Технологія зберігання і переробки зерна», «Агрономія», «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». Може бути використаний студентами споріднених спеціальностей, магістрами, аспірантами, інженерно-технічними працівниками, які зайняті в галузі зберігання і переробки зерна.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

1.1. Класифікація машин для обробки зерна

Свіжезібране зерно (зерновий ворох) надходить на приймальні та переробні підприємства із домішками – зерном не основної культури, частками соломи і колосків, половою, насінням бур'янів, мінеральними домішками (піском, грудочками ґрунту тощо). Домішки погіршують якість продовольчого та насіннєвого матеріалу, утруднюють його зберігання. Несвоєчасне і неякісне очищення насіннєвого матеріалу призводить до підвищення його вологості, самозігрівання, пліснявіння, погіршення посівних і товарних якостей та ін. Післязбиральна обробка зерна передбачає його очищення, сортування і сушіння з доведенням його показників до базисних кондицій. Під час переробки на готову продукцію зерно додатково очищають від домішок і сортують за розмірами (крупністю) на фракції.

Очищення – це виділення із зернової маси домішок, а також щуплого, битого і пошкодженого зерна основної культури. Очищають все зерно, що надходить на зберігання і переробку.

Сортування – це поділ зерна на фракції за розмірами (товщиною, шириною і довжиною), густиною, аеродинамічними та іншими ознаками. На млинах рекомендується сортувати зерно на дві фракції, на крупорушках (гречку та просо) – на чотири-шість фракцій.

Очищення з сортуванням зернопродуктів часто називають сепаруванням. На малих сільськогосподарських зернопереробних підприємствах застосовують скорочену технологічну схему сепарування зерна з використанням аспіраторів, повітряно-ситових сепараторів, ситових сортувальних машин, пневмосортувальних столів, каменевідбірних машин і магнітних колонок.

При виборі способів та обладнання для сепарування зерна використовують властивості компонентів зернової суміші, основними

з яких є наступні:
- розміри (довжина, ширина, товщина);
- форма зернівок;
- аеродинамічні властивості (швидкість витання);
- густина;
- фрикційні властивості;
- магнітні властивості;
- пружність;
- електричні властивості;
- комбінації перелічених ознак.

Відмінності ознак компонентів зернової маси покладені в основу класифікацій машин та обладнання для сепарування (рис. 1.1).

Зерноочисні та сортувальні машини поділяють за призначенням, конструкцією, принципом роботи і способом пересування.

За призначенням розрізняють машини загального призначення і спеціальні. До машин загального призначення відносять машини для попереднього і повторного очищення зернової маси для одержання продовольчого зерна і насіннєвого матеріалу.

Машини спеціального призначення – це машини для очищення від важковідокремлюваних домішок, насіння карантинних бур'янів та для сортування зерна за сукупністю ознак (пневматичні сортувальні столи, електромагнітні машини, змійки тощо).

За конструкцією машини поділяють на прості та складні. Прості сепаратори поділяють зернову суміш на дві фракції, складні на декілька.

За принципом роботи розрізняють повітроочисні, повітрорешітні, трієрні і повітро-решітно-трієрні та ін.

Повітроочисні – це найпростіші машини, які відокремлюють тільки легкі домішки від зернової маси або лузгу у круп'яному та олійному виробництвах, зокрема це пневмоколонки, пневмосепаратори, аспіратори тощо.

Повітрорешітні сепаратори використовують для попереднього очищення і часткового сортування зерна. Вони мають повітроочисні і решітні системи.

Трієрні машини здійснюють очищення і сортування зернової суміші за довжиною часточок після повторного очищення повітряно-

решітними сепараторами, їх найчастіше компонують у вигляді блоків з декількома трієрними циліндрами, що працюють послідовно.

Повітро-решітно-трієрні машини застосовують для повторного очищення насіннєвого матеріалу злакових, зернобобових і технічних культур, а також зерна на продовольчі потреби. У технологічному процесі поєднані всі три види очистки - повітряна, решітна і трієрна. Ці машини називають комбінованими.

Які існують основні вимоги до процесу сепарування? Показниками, що визначають якість очищення та сортування, є чистота зерна (посівного матеріалу), питома маса, вирівняність зерна за розмірами, схожість тощо. Раціональні розміри та добротність зерна встановлюють відповідно до агротехнічних вимог, базисних кондицій, державних стандартів на продовольче зерно і насіннєвий матеріал.

Очищене і відсортоване зерно призначене для помелу на сортове борошно повинно відповідати встановленим стандартам: вміст сміттєвої домішки не повинен перевищувати 2 %, шкідливої домішки - не більше 0,2%, в тому числі вміст головні і спори твердої сажки окремо або разом не повинен перевищувати 0,05 %, а гірчака і в'язелю (окремо або разом) – 0,04% від загальної норми 0,05 %; наявність триходесми сивої не допускається; вміст зернової домішки – не більше 5 % в пшениці і 4 % в житі, в тому числі поросших зерен не більше 3 %; зерно повинно бути не заражене шкідниками; натурна вага зерна пшениці не повинна бути меншою 650 г/л, жита 600 г/л.

Зерноочисні машини мають бути пристосованими для доведення зерна і насіннєвого матеріалу різних сільськогосподарських культур до потрібних кондицій, легко переналагоджуватись, бути зручними в експлуатації та ремонті, відповідати агротехнічним вимогам і санітарним нормам.



Рис. 1.1. Класифікація сепараторів зерна

Повітроочисні машини. Основна технологічна функція повітряних сепараторів – виділення із зернової суміші домішок, відмінних від зерна за аеродинамічними ознаками.Принцип роботи полягає в зміні характеру руху часточок зернової суміші у повітряному потоці залежно від їх аеродинамічних властивостей (критичних швидкостей, табл. 1.1). Повітроочисні машини застосовують для очищення зернової маси від полови, пилу та інших домішок на токах післязбиральної обробки, в лініях вальцьових млинів, для відділення лузги з продуктів лущіння насіння соняшнику в олійному виробництві і плівчастих культур (проса, гречки, вівса ін.) на круп'яних заводах, а також для контролю крупи та відходів. Вони бувають конструктивним виконанням для роботи з механічним і пневматичним транспортом. За способом використання повітря їх поділяють на сепаратори з одноразовим і багаторазовим послідовним в часі продуванням зерна, з розімкнутим і зімкнутим потоками повітря. Для створення повітряного потоку застосовують в основному індивідуальні відцентрові вентилятори низького тиску до 1 кПа, середнього тиску 1...3 кПа і вентилятори пневмотранспорту.

У зернопереробних виробництвах застосовують зерноочисні колонки типу ОПС-2, сепаратори пневматичні СП-5, машини для попереднього очищення зернового матеріалу МПО-50, МПО-100, сепаратори А1-БВЗ, Р3-БАБ, Р3-БСД та ін.

Пневмоколонка (повітряний канал) – коробчастий канал з привареними в середині скатними полицями (рис. 1.2, а) або без них (рис. 1.2, б). Полиці гальмують рух зерна в каналі за рахунок чого збільшується час його обробки повітряним потоком, застосовують канали зі всмоктувальним або напірним повітряними потоками, їх розташовують вертикально або похило. Швидкість повітряного потоку в каналі (рис. 1.2, *а*) регулюють заслінкою *3*, щоб від зерна відокремлювались всі тільки легкі домішки і спрямовувались у вивідний патрубок *4*, а в похилому каналі (рис. 1.2, *б*) – заслінкою вхідного вікна кожуха вентилятора. Повноцінне зерно має більшу критичну швидкість чим легкі домішки, потрапляючи в канали, рухається вертикально вниз до виходу вертикального каналу або по балістичній траєкторії в похилому каналі і падає ближче в лоток повноцінного зерна *7*, а легка домішка (легке щупле зерно)

відноситься вверх у патрубок *4* вертикального каналу або в лоток *8* для легкої фракції похилого каналу.

Силу тиску на зерно і швидкість повітряного потоку, при якій часточки суміші будуть виноситись повітряним потоком, залежать від критичних їх швидкостей і кута нахилу каналу до горизонту. Із збільшенням кута нахилу від 0 до 90° зростають витрати енергії на поділ зерна, тому вертикальні канали при всіх інших рівних умовах є більш енергомісткими і їх доцільно застосовувати тільки для видалення легких домішок з невеликими критичними швидкостями.

Аспіраційні канали є складовою частиною багатьох пневматичних сепараторів, зерноочисних машин та пневмотранспорту.

Повітряний сепаратор Р3-БАБ (рис. 1.3) призначений для очищення зерна від легких домішок в технологічних лініях з пневмотранспортом або з системою аспірації. Сепаратор працює в режимі постійного відсмоктування повітря (незамкнутий цикл) системою аспірації. Корпус *1* сепаратора виготовлено з листової сталі у вигляді вертикального прямокутного короба. Його основа зварена з кутників. Приймальна камера *2* має отвір у верхній частині для надходження зерна в сепаратор.

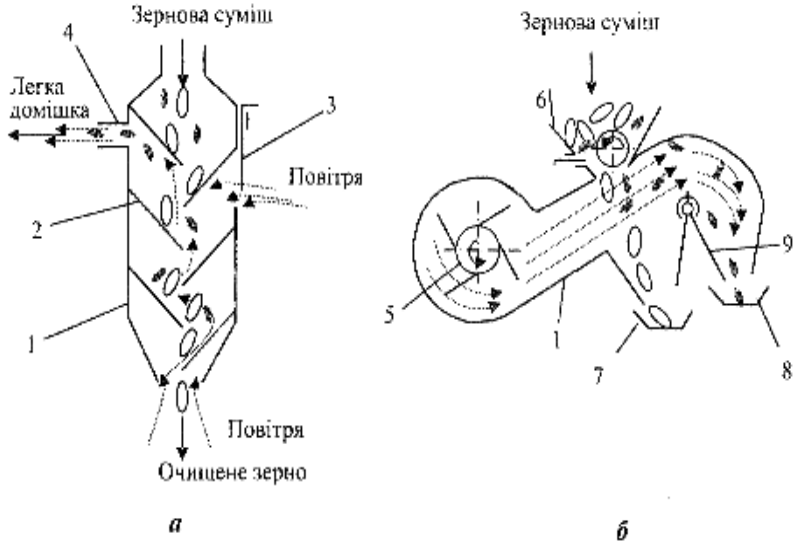


Рис. 1.2. Схеми простих аспіраційних каналів:

а – з вертикальним повітряним потоком; *б* – з напірним похилим потоком: *1* – канал; *2* – полиця; *3* – заслінка; *4* – вивідний патрубок; *5* – вентилятор; *6* – бункер з живильним механізмом; *7, 8* – лотки для фракцій зерна; *9* – скатна дошка

В боковинах корпусу по висоті є оглядові вікна *3*. Задня стінка має жалюзі *8* для надходження повітря. Усередині корпусу встановлено рухому стінку *4*, яка з передньою стінкою корпусу утворює повітряний канал. Рухома стінка складається з шарнірно з'єднаних двох частин. Положення обох частин відносно передньої стінки змінюють гвинтовими механізмами за допомогою штурвалів *5* і *9*. В результаті змінюються розміри поперечного перерізу каналу по висоті, що при сталій витраті повітря обумовлює зміну швидкості повітряного потоку по висоті каналу. У верхній частині каналу встановлена дросельна заслінка *6* для регулювання витрат повітря, її положення фіксують штурвалом *7*.

Таблиця 1.1

Критичні швидкості і коефіцієнти опору зернівок та домішок

Культура, домішка	Критична швидкість повітряного потоку, м/с	Коефіцієнти опору
Пшениця	8,9…11,5	0,184…0,265
Жито	8,4…10,5	0,160…0,222
Ячмінь	8,4…10,7	0,191…0,272
Овес	8,0…9,1	0,169…0,300
Просо	9,8…11,8	0,045…0,073
Гречка	7,2…9,5	-
Кукурудза	12,4…14,0	0,162…0,236
Горох	15,5…17,5	0,190…0,229
Соя	17,3…20,1	0,115…0,152
Рис	8,0…12,0	-
Зерно пшениці щупле	5,0…7,0	-
Зерно пшениці розбите вздовж	5,8…8,2	-
Зерно пшениці розбите впоперек	7,3…9,8	-
Солома пшенична розбита вздовж: -довжина частинок 15…20мм з міжвузлями -довжина частинок 15…40мм без міжвузлів	 8,0…10,0 4,0…7,5	 - -
Полова	1,8…4,1	-
Вівсюг	5,5…8,3	-
Пирій	4,8…7,2	-
Кукіль	6,8…9,8	-

Березка	5,9…8,0	-
Волошка	4,2…5,9	-
Пил з Ø частинок не більше 0,5мм:		
- органічного походження	< 2,6	-
- мінерального походження	< 4,2	-

Прогумований віброкоток *10* служить для подачі зерна в повітряний канал. З корпусом лоток з'єднаний пружними підвісками *12*, які забезпечують необхідний підпір зерна в приймальній камері і герметизацію каналу незалежно від навантаження, вони виключають підсос повітря з атмосфери в повітряний канал. Вібролоток приводиться в коливальний рух інерційним вібратором *11*. Змінюючи положення вантажів вібратора відносно осі обертання, збільшують або зменшують амплітуду його коливань в межах 1,5...2,5 мм. Для обмеження амплітуди коливань вібролотка служить гвинтовий обмежувач ходу *13*, на який спирається вібролоток.

На бічній стінці корпусу встановлена люмінесцентна лампа, яка освітлює робочий простір каналу, що полегшує візуальний контроль та регулювання робочого процесу.

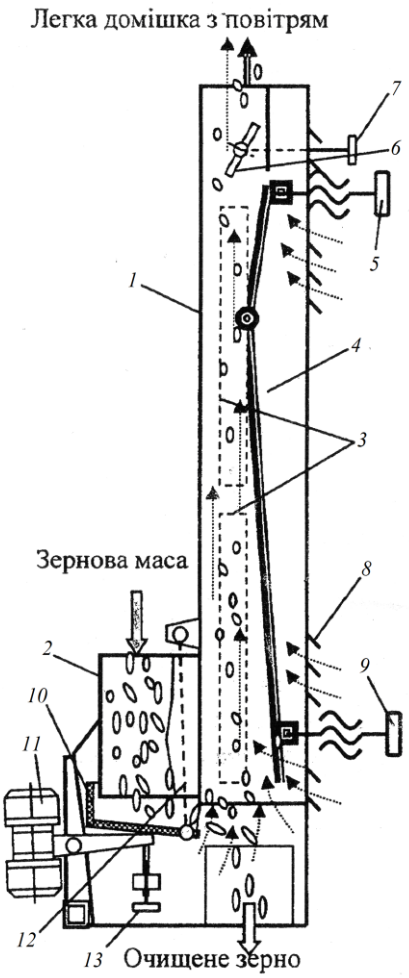


Рис. 1.3. Сепаратор РЗ-БАБ:

1 – корпус; *2* – приймальна камера; *3* – оглядове вікно; *4* – стінка; *5, 7, 9* – штурвал; *6* – дросельна заслінка; *8* – жалюзі; *10* – вібролоток; *11* – вібратор; *12* – підвіски; *13* – обмежувач

Технологічний процес в повітряному сепараторі здійснюється так. Зернова суміш поступає в приймальну камеру *2*, потім на вібролоток*10* з якого сходить у повітряний канал практично перпендикулярно до напрямку руху повітряного потоку. Із повітряного каналу сепаратора повітря відсмоктується системою аспірації. Зміною положень половинок стінки *4* і дросельної заслінки *6* добиваються режиму руху повітря, при якому повітряний потік, піднімає легку фракцію вгору і переміщує її в аспіраційну систему. Важка фракція (зерно основної культури), що має більшу критичну швидкість, падає вниз і потрапляє у вивідний патрубок.

Позитивними відмінностями повітряного сепаратора Р3-БАБ від інших є наявність вібролотка, який забезпечує рівномірний розподіл і розшарування зернової маси на вході повітряного каналу, а також можливість регулювання форми повітряного каналу (швидкості повітря) по висоті, що істотно підвищує ефективність очищення зерна від легких домішок. Технічна характеристика сепаратора Р3-БАБ наведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Технічна характеристика сепаратора Р3-БАБ

Показник	Величина
Продуктивність, т/год (очищення зерна)	10,5
Ефективність очищення зерна, %	65...75
Витрата повітря, $м^3$/год	4800
Частота коливань вібролотка, рад/с	24
Встановлена потужність, кВт: вібратора світильника	 0,12 0,04
Розміри пневмосепарувального каналу, мм	1005×180×1450
Габаритні розміри, мм:	1130×950×1450
Маса, кг	350

Правила експлуатації. Перед пуском повітряного сепаратора слід звернути увагу на кріплення вібратора. Амплітуду його коливань регулюють, змінюючи взаємне розташування вантажів, встановлених на кінцях приводного вала. Із збільшенням відстані між вантажами амплітуда зменшується, і навпаки. Для регулювання амплітуди коливань знімають верхній і нижній кожухи вібратора, відпускають болти кріплення крайніх вантажів. Далі наближають або видаляють вільні вантажі щодо закріплених. Необхідно стежити за тим, щоб положення вантажів у верхній і нижній частинах вібратора строго співпадало. Потім закріплюють вантажі і встановлюють кожухи.

Вібролоток повинен вільно рухатись (від руки), а його амплітуда не повинна перевищувати 3 мм. Неприпустимо торкання вібролоткастінок приймальної камери. Раціональна відстань між

приймальною камерою і гумовою пластиною віброкотка – 3...4 мм. Вібролоток встановлюють строго паралельно кромці камери так, щоб розмір щілини був однаковим по периметру; його регулюють, змінюючи натяг пружних підвісок.

Для ефективної роботи й запобігання підсосів повітря необхідно стежити, щоб приймальна камера була заповнена зерном. Для того, щоб досягти необхідної ефективності очищення, проводять регулювання дросельної заслінки і рухомої стінки. Причиною переповнювання зерном приймальної камери може бути недостатня величина щілини між вібролотком і стінкою камери або недостатня амплітуда коливань вібролотка, що знижує подачу зерна. В першому випадку необхідно збільшити щілину, ослабивши натягнення пружних підвісок, в другому – збільшити амплітуду коливань, зсуваючи дебалансні вантажі.

Повітряний сепаратор А1-БВЗ (рис. 1.4) працює із замкнутим циклом повітря. Повітряний канал прямокутного перерізу. Продуктивність сепаратора до 10 т/год, її регулюють гравітаційною заслінкою *5*, ефективність очищення зерна – 75 %. Зернова суміш за допомогою розсікача*7* рівномірно розподіляється по всій довжині живильної щілини патрубка *6*. З патрубка вона надходить на скатні дошки *4* робочої камери. Пересипаючись з одної дошки на іншу, зернова суміш продувається повітряним потоком. Легкі домішки відносяться повітряним потоком у канал *1* і камеру осідання *2*, і далі шнеком *3* виводяться назовні. Очищене зерно спрямовується вниз і виводиться із машини. Очищене від пилу і домішок повітря засмоктується відцентровим вентилятором і знову нагнітається в робочу камеру, циркулюючи по замкнутому циклу.

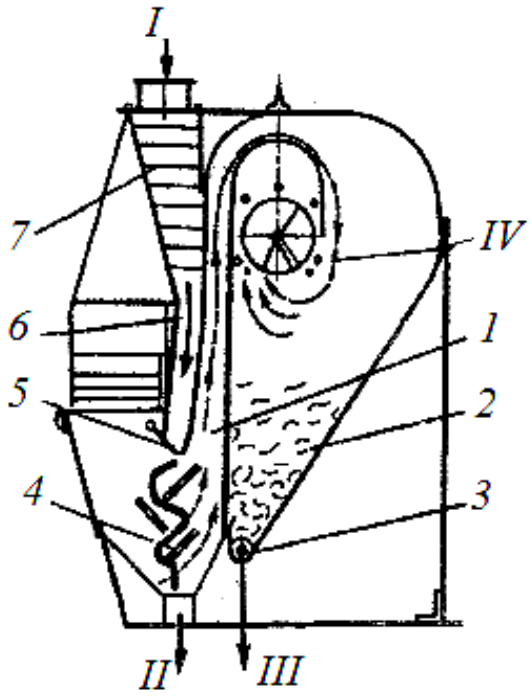


Рис. 1.4. Схема повітряного сепаратора А1-БВЗ-10:

1 – повітряний канал; *2* – камера осідання; *3* – шнек; *4* – скатна дошка; *5* – гравітаційна заслінка; *6* – живильний патрубок; *7* – розсікач; *I* – зернова суміш; *II* – очищене зерно; *III* – домішки; *IV* – повітря

Повітряний сепаратор Р3-БСД призначений для відбору зернової суміші із матеріалопроводу пневмотранспортної системи з наступним очищенням її за аеродинамічними властивостями від щуплих і битих зерен, оболонок, часточок соломи, пилу тощо. Сепаратор Р3-БСД (рис. 1.5) складається з приймальної камери *1* і пневмосепарувальної системи.

У центральній частині приймальної камери встановлений відбивач *2* і лійка *3*.Пневмосепарувальна система складається із корпуса *4*, в якому розміщені розподільчий конус *5*, напірний *8* і всмоктувальний *6* канали, камери осідання *7*, вивантажувальний патрубок важких відносів*9*та очищеного зерна *11*. Для регулювання параметрів повітряного потоку пневмосепарувальної системи в каналі *6* встановлено дросельну заслінку *10*.

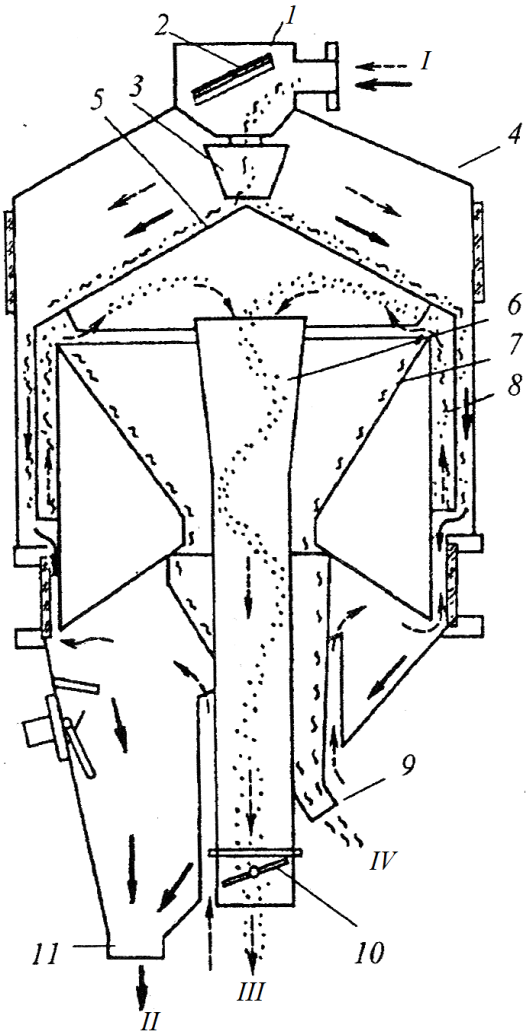


Рис. 1.5. Функціональна схема сепаратора РЗ-БСД:

1 – приймальна камера; *2* – відбивач; *3* – лійка; *4* – корпус; *5* – розподільний конус; *6* – всмоктувальний канал; *7* – камера осідання;*8* – напірний канал;*9, 11* – вивідні патрубки; *10* – дросельна заслінка;*I* – зернова суміш; *II* – очищене зерно; *III* – легкі домішки; *IV* – важкі домішки; *V* – повітря

Технологічний процес у сепараторі РЗ-БСД протікає в такий спосіб. Зернова суміш із напірного матеріалопроводу пневмотранспортної системи поступає разом з повітрям у приймальну камеру *1*, ударяється об відбивач *2* і падає в направляючу лійку *3*. З лійки суміш висипається на розподільний конус *5* і з його поверхні рівномірно зсипається у кільцевий канал, де пронизується зустрічним потоком повітря. Легкі домішки захоплюються повітряним потоком

напірного каналу *8* і потрапляють у камеру осідання *7*, а повноцінне зерно падає в конічний приймач, з якого виводиться патрубком *11* назовні. В камері осідання легкі домішки додатково поділяються на дві фракції – важкі і легкі відноси. Важкі відноси спрямовуються вниз камери осідання і виводяться з неї патрубком *9*, а легкі виносяться повітряним потоком всмоктувального каналу *6*, і далі в аспіраційну мережу.

Продуктивність сепаратора 7 т/год, ефективність очищення досягає 95%, витрати повітря на аспірацію – 54 м^3/хв, маса складає 335 кг.

Таблиця 1.3

Технічна характеристика сепаратора Р3-БСД

Показник	**Величина**
Продуктивність, т/год (очищення зерна) до	7,0
Ефективність очищення зерна, %	50...60
Витрата повітря, м^3/год	3250
Частота коливань вібролотка, рад/с	24
Встановлена потужність, кВт: вібратора світильника	 0,12 0,04
Розміри пневмосепарувального каналу, мм	2800×60×400
Габаритні розміри, мм:	1174×1174×2182
Маса, кг	335

Сепаратор аеродинамічний САД-10 (рис. 1.6) призначений для поділу різних сипких матеріалів на фракції за густиною і аеродинамічними характеристиками. В зернопереробних виробництвах сепаратор САД-10 застосовується для калібрування насіння і поділу на фракції лущеного зерна з відбором дробленого ядра і борошенця.

Живильний механізм сепаратора складається з вібролотка*2* і заслінки *4*. Лоток приводиться в коливний рух вібратором *3*. Під вібролотком розташовано струменевий генератор *10* з вентилятором *11* і соплами *12*. Від торця сопел генератора по всій довжині машини встановлені лотки *6*, для виведення з машини відібраних фракцій *Ф*. Між лотками фракцій розміщені щілини із скатними дошками *8* для виведення з робочої зони проміжних фракцій продукту. Між лотками

6 і щілинами *8* установлено поворотні шторки *7* для регулювання виходу фракцій продукту.

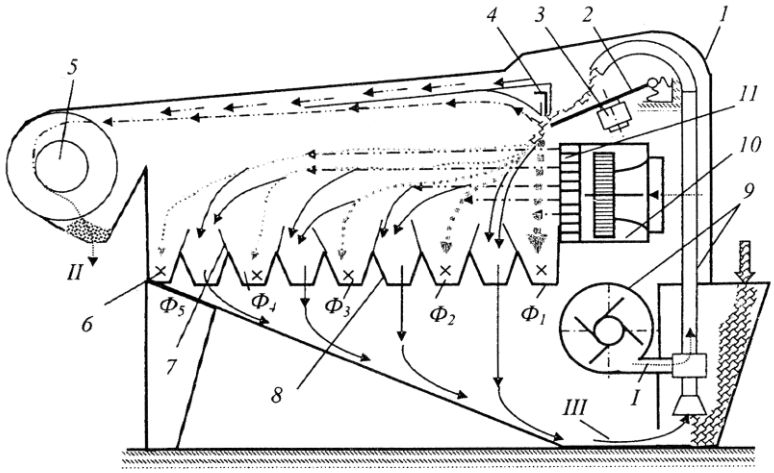


Рис. 1.6. Технологічна схема аеродинамічного сепаратора "САД-10":

1 – корпус; *2* – вібролоток; *3* – вібратор; *4* – заслінка; *5* – камера осідання; *6* – лоток; *7* – поворотні шторки; *8* – скатна дошка;*9* – пневмотранспорт; *10* – струменевий генератор; *11* – сопла струменевого генератора; *I* – повітря з атмосфери; *II* – легкі відноси; *III* – поворотні фракції; *Фі* – вихідні фракції

Сепарування зерна відбувається так. Пневмотранспортом *9* зернова маса з приймального бункера подається на вібролоток*2*, а з нього зсипається у робочий простір машини. Легкі домішки відносяться повітряним потоком у камеру осідання *5*, і далі патрубком виводяться назовні. Основна маса зерна у вільному падінні обробляється повітряними потоками соплового генератора з різними швидкостями. Різні за питомою масою і аеродинамічним опором зернівки рухаються по балістичних траєкторіях з різною дальністю польоту іпопадають у відповідні вивідні лотки або щілини. Вихідні фракції лотками *6* виводяться назовні, а проміжні скочуються з похилого дна корпусу машини у приймальний бункер, з якого разом із свіжим зерном пневмотранспортом подаються на повторне сепарування. Вирівняність за масою вихідних фракцій матеріалу регулюють кутом нахилу поворотних шторок *7*.

Продуктивність сепаратора САД-10 в режимі очищення до 10

т/год, в режимі калібрування – до 5 т/год. Споживана потужність 7...15 кВт. Маса сепаратора не перевищує 1150 кг.

Сепаратори СП-5 і ОПС-2 призначені для очищення зерна за аеродинамічними властивостями у вертикальних каналах з напірним потоком повітря.

У пневматичному сепараторі СП-5 зерно із приймального бункера самопливом через вхідне вікно надходить на похилу сітку робочого каналу. Повітряний потік, створений вентилятором, спрямовується під сітку, піднімає легку фракцію вгору, що має меншу критичну швидкість (легке насіння бур'янів, легке і щупле насіння основної культури та інші легкі домішки), переміщує її в камеру осідання домішок, а з неї, через випускний патрубок у тару. Важка фракція (важке насіння основної культури), що має більшу критичну швидкість, сходить з похилої сітки і через випускний патрубок потрапляє у тару. Пил осідає у фільтрі. Продуктивність сепаратора регулюють заслінкою, змінюючи подачу зерна на сітку.

Якість очищення визначається швидкістю повітряного потоку (3...16м/с) у каналі. Вона залежить від величини відкриття вхідного вікна кожуха вентилятора.

В сучасних млинах і крупорушках сільськогосподарського призначення застосовують пневмосепаратори малої продуктивності СП-1, Р6-СВ (рис. 1.7, табл. 1.4),принципи роботи яких аналогічні з роботою розглянутих сепараторів А1-БВЗ, СП-5.

Ефективність роботи повітряних сепараторів оцінюють сукупністю показників, основними з яких є продуктивність і технологічна ефективність операції, що виконується.

Таблиця 1.4

Технічна характеристика пневмосепараторів марок СП і Р6

Показник	Марка сепаратора				
	СП-1.000	СП-1.000-01	Р6-СВ-6-00	Р6-СВ-6-01	Р6-СВ-6-02
Продуктивність, т/год.	3	6	6	3	1,5
Ефективність очищення зерна, %	60	60	60	60	60
Встановлена потужність, кВт	1,1	1,1	1,5	1,1	0,75
Габаритні розміри, мм:					
довжина	1141	1141	1000	1000	1000
ширина	713	1013	1430	830	530
висота	350	450	1860	1860	1860
Маса, кг	350	450	600	430	260

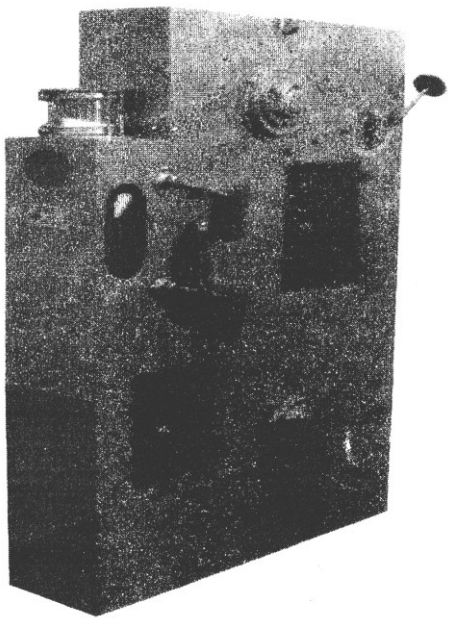


Рис. 1.7. Загальний вигляд пневмосепаратора Р6-СВ

Продуктивність повітряних сепараторів, т/год., визначають за формулою:

$$Q = G/\tau\,, \qquad (1.1)$$

де: G – маса зерна, що поступає в машину, т

τ – тривалість роботи, год

Технологічну ефективність роботи сепаратора оцінюють відносним зниженням вмісту домішок в очищеному зерні, яку розраховують за формулою:

$$E = 100\cdot(Ä_1 - Ä_2)/Ä_1\,, \qquad (1.2)$$

де: $Ä_1$, $Ä_2$ – вміст домішок в зерновій суміші до і після сепарування відповідно

Ситові сепаратори. Ситовими машинами розділяють зернову суміш на фракції за товщиною і шириною зернівок, відділяють з неї крупні і дрібні домішки. Робочими органами цих машин є сита. Процес поділу зерна ситами називають просіюванням. Сита виготовляють у вигляді металевих оцинкованих листів з отворами однакового розміру (довгастими, круглими, трикутними) (рис. 1.8, а-в). Використовують також сита плетені із тонкого дроту і ткані (рис. 1.8, г, д).

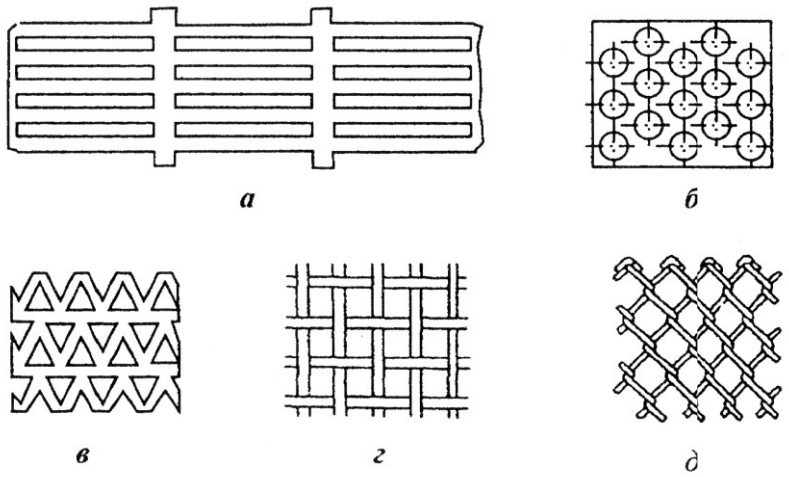


Рис. 1.8. Форми сит та схеми просіювання:

а – з продовгуватими отворами; *б* – круглими; *в* – трикутними; *г*, *д* – плетені і ткані сита

1) з круглими отворами:

- діаметр отворів: 1,1; 1,5; 1,6;1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,5; 3,6; 3,7; 3,8; 4,0; 4,2; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0; 13,0; 14,0; 15,0; 16,0; 18,0; 20,0; 25,0;
- товщина полотен: 0,55...1,00 мм.

2) з продовгуватими отворами:

- розміри продовгуватих отворів: 1,2×20; 1,4×20; 1,5×20; 1,7×20; 1,8×20; 2,0×20; 2,2×20; 2,4×20; 2,5×20; 2,8×20; 3,0×20; 3,2×20; 3,5×20; 4,0×20; 4,5×20; 5,0×20;
- товщина полотен: 0,70...1,00 мм.

Будь-яка зернівка має довжину *l*, ширину *a*, і товщину *c*, які для кожної культури значно відрізняється між собою. На цій властивості ґрунтується принцип просіювання зерна ситами на фракції і очищення його від домішок.

Поділ насіння за товщиною. Через довгастий отвір може пройти тільки зерно, товщина якого менша ширини щілини отвору. Довжина зернини *l* при цьому не має значення, бо вона завжди менша довжини довгастого отвору. Ширина зерна завжди більша товщини, тому, якщо зерно не проходить через довгастий отвір за товщиною, то тим більше воно не пройде по ширині. Отже, поділ насіння за товщиною можливий тільки на ситах з довгастими отворами. Довгасті отвори роблять у 2...3 рази довшими за зерна. Отвори на ситі розміщують так, щоб їх довжина і напрямок руху зерен збігалися.

Поділ насіння за шириною. Через круглий отвір насіння зможе пройти лише в тому випадку, коли його ширина менша діаметра отвору. Довжина і ширина не перешкоджають проходу насіння через круглий отвір. Отже, поділ насіння за шириною можливий тільки на ситах з круглими отворами.

Сита з довгастими отворами застосовують частіше, ніж із круглими, бо площа отворів у них більша, а значить, і працюють вони ефективніше. Крім того, сита з довгастими отворами частіше використовують для поділу зерна на продовольче і фуражне, бо, як показали досліди, найбільша залежність між масою і геометричними розмірами визначається за товщиною зернівок.

Гречка і деяке насіння бур'янів має трикутну форму і його можна відокремити на ситах із трикутними отворами (рис.1.9, *з*). В

такий спосіб можна також відокремити від пшениці татарську гречку, щавель від тимофіївки тощо.

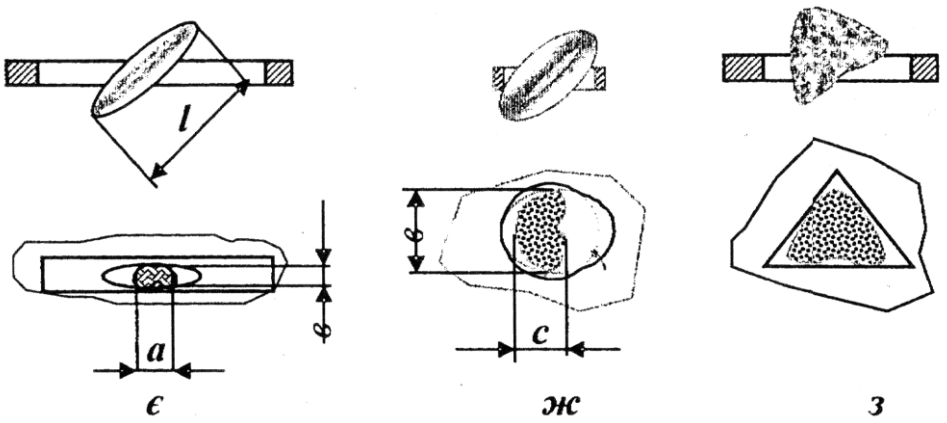


Рис. 1.9. Схема просіювання зерна за товщиною і шириною на ситах:

є – з прямокутними; *ж* – з круглими; *з* – з трикутними отворами; *l* – довжина; *a* – ширина; *c* – товщина зернівки

Продуктивність сита визначається живим його перерізом k_c, який дорівнює відношенню площі отворів, до площі всього сита, тобто:

$$k_c = (S_o/S) - 100\% \qquad (1.3)$$

де: S_o, S – площа отворів і площа всього сита відповідно

Живий переріз штампованих сит не перевищує 50%, плетених – 70%. Сита позначені номерами, які відповідають розміру сторони отвору в міліметрах. Номер полотна відповідає робочому розміру його отвору, помноженому на 10.

За допомогою сит визначають гранулометричний склад зернопродуктів, тобто відсотковий вміст фракції з відповідним розміром часток у загальній масі продукту. При ситовому аналізі продукт просіюють послідовно крізь декілька сит, розміри отворів яких зменшуються за модулем. Внаслідок такого просіювання отримують ряд фракцій з різними розмірами часток. За даними

ситового аналізу будують криві розподілу часток за розмірами. Просіювати матеріал можна крізь одне сито або послідовно крізь декілька сит. При багаторазовому просіюванні спочатку відділяють дрібні частки, а потім більші, якщо сита розміщені в одній площині і розміри їхніх отворів збільшуються в напрямку переміщення матеріалу. Якщо спочатку треба відділити більші частки, то сита розміщують одне над одним, а розміри отворів зменшують зверху вниз. Можливі комбіновані способи розміщення сит. Ефективність просіювання оцінюють коефіцієнтом корисної дії сит, який є відношенням маси проходу до маси часток такого ж розміру у вихідній суміші.

Матеріали просіюються під час їх переміщення відносно робочої поверхні сита. Відносне переміщення можна забезпечити на нерухомому ситі, що встановлене до горизонту під кутом, більшим, ніж кут тертя матеріалу. Найчастіше відносне переміщення продукту виконують на рухомих ситах.

Значного поширення набули плоскі коливні грохоти (рис. 1.10).

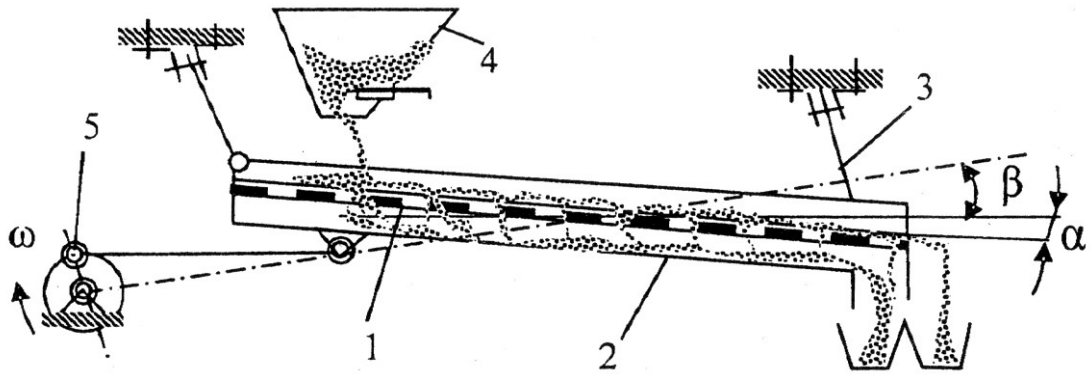


Рис. 1.10. Схема коливного грохота:

1 – сито; *2* – ситовий корпус; *3* – пружні підвіски; *4* – живильник; *5* – ексцестри-ковий механізм; ω – кутова швидкість ексцентрика; α – кут нахилу площини сита до горизонту; β – кут напрямку коливань сита

Вони складаються з горизонтального або похилого сита *1* з бортами, яке розміщене в ситовому корпусі *2* підвішеному до рами машини підвісками *3*. Грохот із ситами здійснює зворотно-поступальний рух за допомогою кривошипно-шатунного або ексцентрикового механізму *4*. Зернова суміш переміщується по ситі, прохідна її фракція – менші за розмірами зернівки чим прохідні отвори в ситі, потрапляє в нижний короб, з якого виводиться назовні, а сходова – влоток, з якого відводиться транспортним механізмом на подальшу обробку.

Розділення зернової суміші коливними ситими уможливлюється при виникненні відносного руху зерна на ситі. З цієї умови виведено формулу для визначення кутової швидкості ω, рад/с, кривошипа коливного механізму сепаратора:

$$\omega > \omega_k \sqrt{\frac{g \cdot t_g(\varphi \mp \alpha)}{r}}, \tag{1.4}$$

де: ω_k – критична кутова швидкість кривошипа, рад/с;

$g = 9{,}8$ – прискорення вільного падіння, м/с^2;

r – радіус кривошипа, м;

$\varphi = 37...42$ – кут тертя зерна по ситу, град;

$\alpha = 3...14$ – кут нахилу сита, град

Знак "–" у формулі (1.4) беруть при переміщенні зерна вниз, "+" – при переміщенні нагору.

На якість сепарації зернових сумішей істотно впливає режим коливання плоских сит, який оцінюють показником кінематичного режиму K.

$$K_p = \omega^2 \cdot r/\varphi \tag{1.5}$$

де: ω – кутова швидкість, рад/с;

r – радіус кривошипа, м;

$\varphi = 37\ldots42$ – кут тертя зерна по ситу, град;

Незважаючи на велику кількість робіт з вивчення процесів сепарації зернових сумішей на коливних ситах, до цього часу не встановлено аналітичних залежностей для вибору кінематичного режиму роботи сит, зокрема показника K_p, який забезпечує розділення зернової суміші із заданою повнотою. Тому кінематичні режими роботи сучасних сепараторів установлюють на основі дослідно-конструкторських розробок. Так, у зерноочисних машинах і агрегатах частота коливань сит змінюється в межах $\omega = 36...50$ рад/с. Якщо врахувати, що амплітуда коливань становить 3...10мм, то діапазон зміни максимального прискорення сит – 9...25 м/с^2, а показник кінематичного режиму – $K = 0,40...2,54$.

Вибравши граничне нижнє $K_{p\min} = 0,40$ і верхнє $K_{p\max} = 2,54$ значення показника кінематичного режиму, обчислюють граничні частоти коливань $\omega_{\min}$ $\omega_{\max}$, рад/с, за формулами:

$$\omega_{\min} = \sqrt{\frac{\varphi}{r} \cdot K_{p\min}}, \qquad (1.6)$$

$$\omega_{\max} = \sqrt{\frac{\varphi}{r} \cdot K_{p\max}}, \qquad (1.7)$$

де: $K_{p\min}$ – мінімальний кінематичний режим;

$K_{p\max}$ – максимальний кінематичний режим;

r – радіус кривошипа, м;

$\varphi = 37…42$ – кут тертя зерна по ситу, град;

При горизонтальних коливаннях сит граничні показники $K_{p\max}$ і $K_{p\min}$ і зумовлені тільки значеннями кута нахилу площини сита до горизонту і кутом тертя зерна по ситу:

$$K_{p\min} = tg(\alpha - \varphi),\ K_{p\max} = tg(\alpha + \varphi) \qquad (1.8)$$

Залежно від значень K_p можливий різний характер відносного руху зернівки (ізольованого одиничного зерна) по ситу без відриву.

При $K_p \le K_{p\min}$ зерно перебуватиме у відносному покої; при $K_{p\min} < K_p < K_{p\max}$ воно переміщуватиметься тільки вниз, а при $K_p > K_{p\max}$ – тільки вгору.

При розподілі сипкого матеріалу на кілька фракцій грохоти мають декілька сит. Так, сепаратори, які використовують у круп'яному виробництві для сортування зерна на 4...6 фракцій перед лущенням, оснащені чотирма - шістьма ситами з різними розмірами отворів.

Ширину сита коливних грохотів b, м, визначають за формулою:

$$b = Q / q_B , \tag{1.9}$$

а довжину l, м, – за формулою:

$$l = q_B / q_F = Q / B \cdot q_F , \tag{1.10}$$

де: Q – задана продуктивність сепаратора, кг/год;

q_B – продуктивність, віднесена до одиниці ширини сита, кг/(год·м) (при сепаруванні пшениці для сортувальних і підсівних сит q_B = 2000...3000 кг/(год·м));

q_F – питома продуктивність, віднесена до одиниці площі сита, кг/(год·м^2)

Питому продуктивність q_F визначають за такими формулами:

- для сортувальних і підсівних сит:

$$q_F = K \cdot (-10^4 \lg \varepsilon / 3{,}45 + 0{,}0745\, \beta) , \tag{1.11}$$

- для колосових сит з круглими отворами діаметром d> 6мм:

$$q_F = 600 \cdot (d - 4{,}5), \tag{1.12}$$

де: K – відносна продуктивність, тобто відношення питомої продуктивності сепаратора при очищенні різних культур до питомої продуктивності сепаратора при очищенні пшениці (табл. 1.4);

ε – повнота розділення (для підготовчих відділень млинів і

крупорушок ε = 0,7...0,8);

β = 15° – кут напрямку коливань сита (див. рис. 1.10)

Таблиця 1.4

Відносна продуктивність сит сепаратора

Культура	Відносна продуктивність
Пшениця	1,00
Жито, ячмінь	0,75
Овес	0,60
Просо	0,30
Гречка	0,50
Кукурудза	0,66
Горох	0,80

Потужність N, кВт, для приводу ситового корпусу визначають за формулою:

$$N = 2 \cdot 10^{-3} k \omega^3 r^2 (m_В + m_З)/\pi \qquad (1.13)$$

де: k = 1,1... 1,3 – коефіцієнтт, який враховує втрати на подолання сил тертя в шарнірах підвіски ситового корпусу;

ω – кутова швидкість кривошипа, рад/с;

r – радіус кривошипа, м;

m_B – маса ситового корпусу, кг;

$m_З$ – маса шару зерна на ситах, кг

$$m_З = Shp, \qquad (1.14)$$

де: S – площа сит, м^2;

h – висота шару зерна, м;

ρ – густина зерна, кг/м^3

Коливні грохоти продуктивні, ефективні, зручні в обслуговуванні, але спричинюють високі динамічні навантаження на фундамент.

Барабанний грохот (бурат) – це обертовий барабан *2* циліндричної або конічної форми з ситовою бічною поверхнею (рис. 1.11). Циліндричні барабани встановлюють у кожусі *4* під кутом 4...7° до

горизонту, а конічні - горизонтально. Зернову суміш у барабан подають шнеком-живильником *1*.

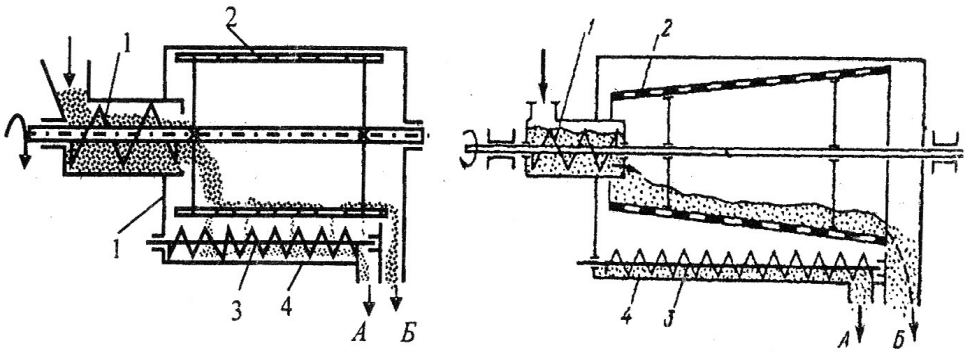


Рис. 1.11. Барабанні ситові сепаратори:

1 – шнековий живильник; *2* – сито; *3* – шнек; *4* – корпус;*А* – прохідна фракція;*Б* – сходова фракція

Під час обертання барабана фракція дрібних часточок проходить крізь отвори і вивантажується шнеком *3*, а великі частки переміщуються до виходу барабана. Під дією відцентрової сили частки притискаються до стінок барабана і піднімаються на відповідну висоту, але вони не повинні обертатися разом з барабаном.

Критична частота обертання барабана, нижче від якої частки під дією сил тяжіння скочуються вниз, визначають за формулою:

$$\omega_к = \sqrt{\frac{2g}{D}} \qquad (1.15)$$

де: ω – частота обертання циліндра, рад/с;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2;

D – діаметр барабана, м

Щоб матеріал розподілити на кілька фракцій, сито барабана по довжині роблять з декількох секцій, отвори в яких збільшуються у напрямку руху зерна.

Ситовий сепаратор фірми "Совокрим" (рис. 1.12), складається із рами *12* і ситового корпусу *13*, які з'єднані пружинами *8*. Коливальний рух ситовому корпусу задають два вібратори *5*. У

ситовому корпусі змонтовано два яруси сортувальних *3*, *4* і підсівних сит *6*, *7*. Сита від забивання очищаються гумовими кульками. Для обмеження амплітуди коливань корпусу під час пуску і зупинки сепаратора служать амортизатори *11*. Ситові рами встановлюються з торця машини і фіксуються гвинтами, кут нахилу сит - 7°.

Технологічний процес в сепараторі здійснюється таким чином. Зерно поступає в живильник *1*, далі з похилих дошок*2* поступає на сито *3* верхнього ярусу, з якого сходом відділяється крупна домішка. Зерно проходом через сита *3*,*4* поступає на підсівні сита другого ярусу *6*, *7*.

Очищене зерно виводиться сходом з підсівних сит і видаляється назовні через лоток з фартухом *10*. Дрібна домішка проходом через підсівне сито, потрапляє на днище сепаратора і виводяться з машини.

Очищення сит здійснюється гумовими кульками, які під час коливань грохота переміщаються по їх поверхні. Амплітуда коливань ситового корпусу регулюється в межах 3...6 мм за рахунок зміни розташування мас вібраторів відносно осі обертання. Частота коливань ситового корпусу - 75рад/с. Гумові накладки *9* забезпечують більш рівномірний розподіл зерна на ситових рамах і більш якісну сепарацію зерна.

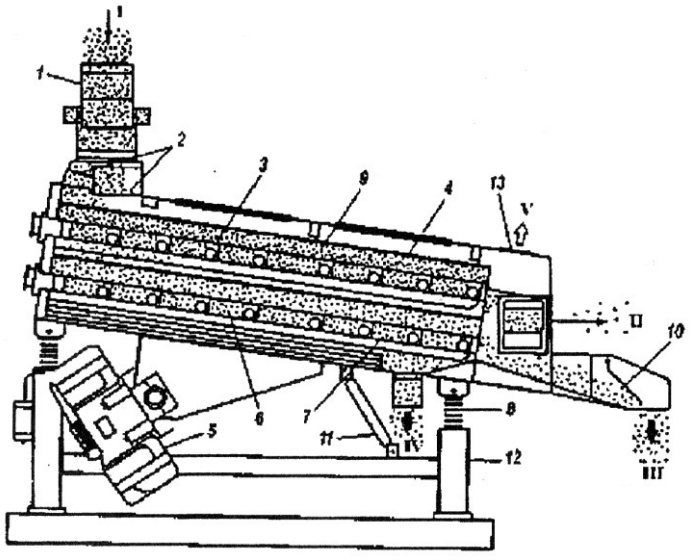


Рис. 1.12. Схема віброситового сепаратора "Совокрим":

1 – завантажувальний патрубок; *2* – скатні дошки; *3*,*4* – верхній ярус сит; *5*

– вібратор; *6,7* – нижній ярус сит; *8* – пружина; *9* – гумова накладка; *10* – клапан; *11* – амортизатор; *12* – рама; *13* – корпус;*I* – неочищене зерно; *II* – велика домішка; *III* – очищене зерно; *IV* – дрібна і легка домішка; *V* – повітря

Віброситові сепаратори типу БСХ(рис. 1.13) випускаються Хорольським механічним заводом. Принцип дії його аналогічний сепаратору "Совокрим". Для рівномірного завантаження сит по ширині зроблено два приймальні патрубки. Сепаратор може бути укомплектовано пневмосепаруючим каналом. Технічна характеристика сепараторів БСХ приведена в таблиці 1.6.

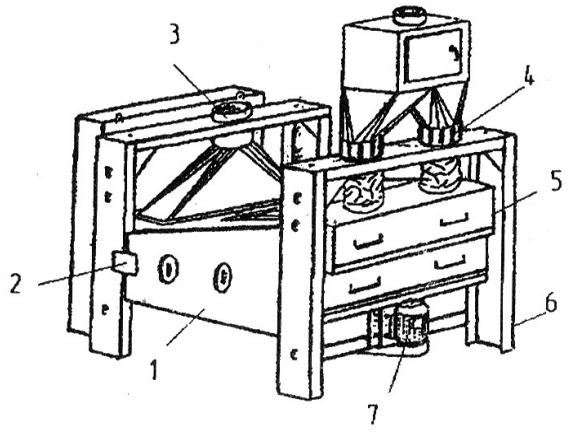


Рис. 1.13. Віброситовий сепаратор БСХ:

1 – ситовий корпус; *2* – пружні опори; *3* – патрубок аспіратора; *4* – приймальні патрубки; *5* – ситові рами; *6* – основа; *7* – вібратор

Таблиця 1.6

Технічна характеристика вібросепараторів БСХ

Показники	Модель		
	БСХ-3	БСХ-6	БСХ-12
Продуктивність, т/год:			
- в елеваторному режимі	3	6	12
- в зерноочисному відділенні млина	12	25	40
Технологічна ефективність, % :			
- в елеваторному режимі	80	75	80

- в зерноочисному відділенні млина	20	20	20
Установлена потужність, кВт	0,75	0,75	1,10
Частота коливань ситового корпусу, Гц	15,6	15,6	15,6
Амплітуда коливань, мм	4,5…5,5	4,5…5,5	4,5…5,5
Нахил корпусу, град	6...12°	6...12°	6...12°
Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота	 1530 1055 1440	 1900 1355 2104	 2447 1355 2154

Повітряноситові сепаратори. Це комбіновані сепаратори, які поділяють зернову суміш за двома ознаками – розмірами (шириною і товщиною) і швидкістю витання часточок. Робочими органами цих машин є сита і повітряні канали. Найпоширенішими є сепаратори типу ЗСМ, А1-БИС і Р6-СВС.

Повітряноситові сепаратори типу ЗСМ застосовують на підприємствах з механічним транспортом. Функціональна схема сепаратора типу ЗСМ зображена на рис. 1.14. Сепаратор розділяє зернову суміш на ситах за товщиною і шириною компонентів та за їхніми аеродинамічними властивостями. Розділення виконується послідовно. Спочатку зерно очищається від легкої домішки (пилу, полови) повітрям в аспіраційному каналі *5* (рис. 1.14) на виході з бункера *4* сепаратора. Потім зерно просіюється на ситах *3*, 10 – 12, де видаляються крупні і дрібні домішки. Сита коливаються плоско-паралельно у вертикальній площині. Відсортоване зерно провіюється висхідним повітряним потоком в аспіраційному каналі *9* на виході із сепаратора. Технічна характеристика сепараторів ЗСМ наведена в табл. 1.7.

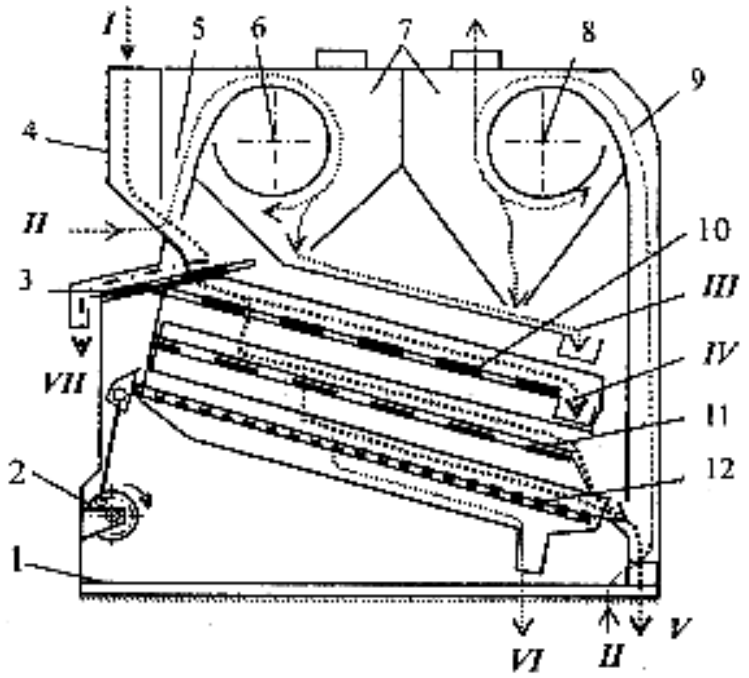


Рис. 1.14. Схема повітряноситового сепаратора ЗСМ:

1 – корпус; *2* – привод; *3* – колосове сито; *4* – бункер; *5* – канал попереднього провіювання зерна; *6, 8* – вентилятори; *7* – осадові камери; *9* – канал повторного провіювання зерна; *10, 11* – сортувальні сита; *12* – підсівне сито; *I* – неочищене зерно; *II* – повітряний потік до циклона; *III* – аспіраційні відноси; *IV* – схід з верхнього сита; *V* – очищене зерно; *VI* – дрібні домішки; *VII* – крупні домішки

Таблиця 1.7

Технічна характеристика повітряноситових сепараторів

Показник	ЗСМ-5	ЗСМ-10	ЗСМ-20	А1-БИС-12	А1-БИС-100	СВ-6	Р6-СВС-3	Р6-СВС-6

Продуктивність, т/год	5	10	20	12	100	15	3	6
Ефективність очищення, %	-	-	-	80	80	60	60	60
Частота коливань ситового корпусу, об/хв	500	500	500	325	304	940	940	940
Витрати повітря на аспірацію, кг/год	-	-	-	100	142	320	200	600
Встановлена потужність, кВт	1,1	1,1	1,1	1,38	1,38	0,74	0,37	0,75
Маса, кг	-	-	-	1450	1650	660	200	530

Сепаратори А1-БИС (рис. 1.15) застосовуються на елеваторах і млинах з пневмотранспортом, їх ситові корпуси роблять круговий поступальний рух у горизонтальній площині. Сита встановлені в два яруси один над іншим і утворюють просту технологічну схему: схід верхнього сита – крупна домішка, схід нижнього сита – зерно, а прохід – дрібна домішка.

У зерноочисних відділеннях борошномельних заводів установлюють сепаратори продуктивністю від 3 до 16 т/год із сортувальними ситами з довгастими отворами розміром 4,25×25 мм. Підсівні сита мають отвір діаметром 2мм.

Аналогічну конструкцію мають пневматичні ситові сепаратори СВ-6 виробництва ОАО Станкінпром, м. Харків та Р6-СВС-6, Р6-СВС-3 Могилів-Подільський машинобудівельний завод (рис. 1.16, табл. 1.6).

Трієри призначені для очищення продовольчого зерна і насіннєвого матеріалу зернових, зернобобових, круп'яних та олійних культур від коротких і довгих домішок (куколю, вівсюга тощо) після обробки повітряноситовими сепараторами. Поділ зернової суміші за довжиною часточок виконують за допомогою циліндричних і дискових трієрів (рис. 1.17-1.19). Основним робочим органом трієра є барабан або диск з комірками (рис. 1.18). Всередині циліндричного трієра є жолоб *4* із шнеком *3*. Циліндр може встановлюватись під невеликим кутом (1...30˚) до горизонту. Комірки роблять певного розміру на внутрішній поверхні барабана і бокових поверхнях дисків. Під час обертання циліндра (диска) комірки захоплюють тільки ті

часточки, довжина яких менша діаметра комірок і піднімаються на відповідну висоту.

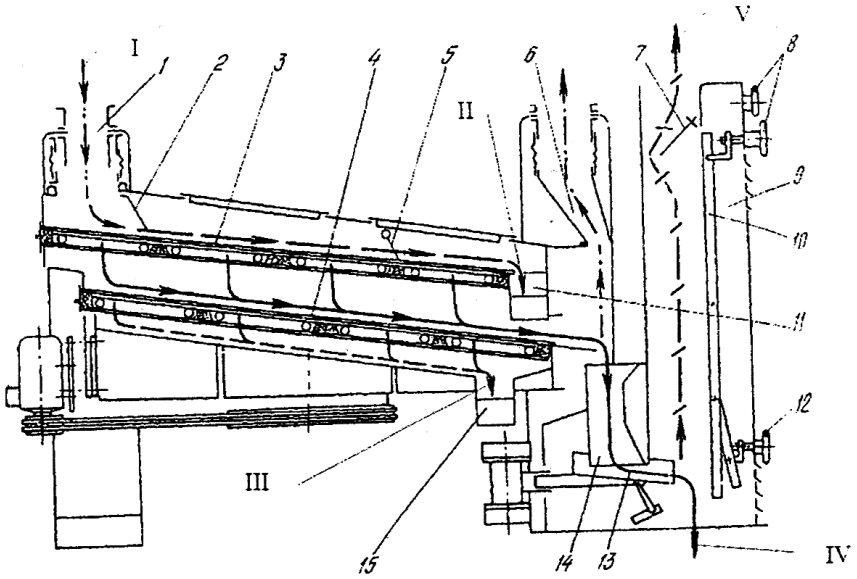


Рис. 1.15. Схема сепаратора А1-БИС-100:

1 – патрубок прийомний; *2* – клапан розподільний; *3* – решето сортувальне; *4* – решето підсівне; *5* – фартух; *6* – аспіраційний канал; *7* – дросельний клапан; *8,12* – штурвали для регулювання рухомої стінки пневмоканалу; *9* – пнемо-сепаруючий канал; *10* – стінка рухлива; *11* – лоток великих домішок; *13* – вібролоток; *14* – коробка живильна; *15* – лоток дрібних домішок; *I* – вхідне зерно; *II* – велика домішка; *III* – дрібна домішка; *IV* – очищене зерно; *V* – легка домішка

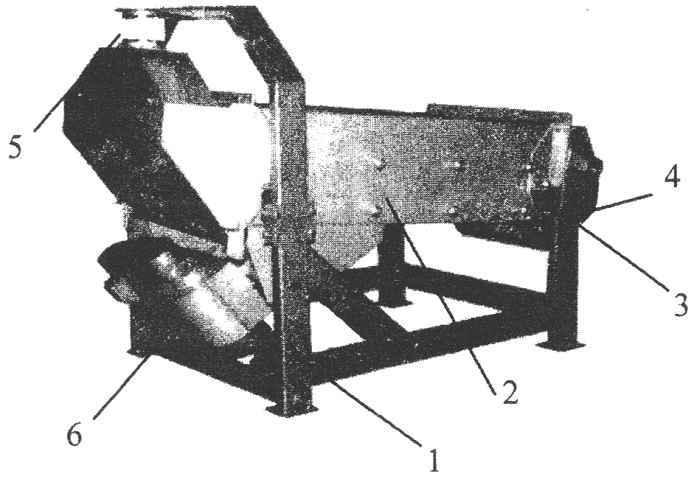


Рис. 1.16. Загальний вид сепаратора Р6-СВС:

1 – рама; *2* – ситовий корпус; *3* – пружні опори; *4* – завантажувальний патрубок; *5* – вивантажувальний патрубок; *6* – вібратор

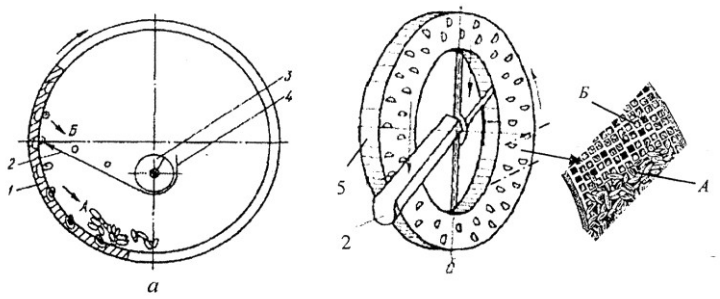


Рис. 1.17. Схема робочих органів циліндричного (а) і дискового (б) трієра:

1 – робочий циліндр; *2* – щиток; *3* – шнек; *4* – жолоб; *5* – диск; *А* – довгі частки; *Б* – короткі частки

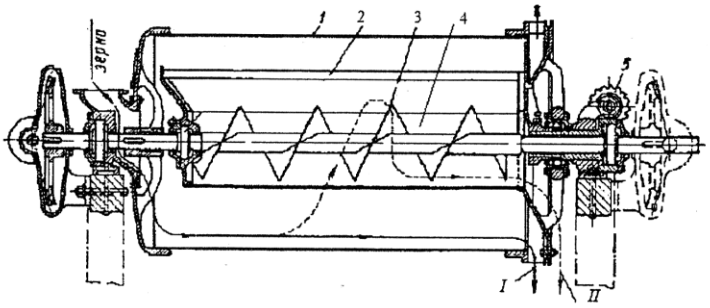


Рис. 1.18. Схема циліндричного трієра:

1 – робочий циліндр; *2* – щиток; *3* – гвинт для переміщення короткої фракції; *4* – жолоб; *5* – механізм для регулювання положення щитка; *I* – коротка фракція; *II* – довга фракція

Довші частки не розміщуються в комірках повністю, тому при підніманні вони під дією власної ваги випадають з комірок у першу чергу, повертаються в основну масу зерна і виходять з циліндра в приймач фракції. Дрібні частки продовжують утримуватись у комірках і випадають при подальшому їх підніманні у щиток *2*.

По щитку *2* вони потрапляють у жолоб *4* і гвинтом *3* вивантажуються.

Високоякісний поділ короткого і довгого насіння можливий лише за умови, що приймальна кромка щитка розміщується між зонами ковзання і випадання зерна з комірок, а частота обертання циліндра не перевищує критичну величину, яку визначають з виразу (1.15).

При перевищенні критичної частоти обертання довгі зернівки разом з короткою домішкою відцентровою силою сильніше притискуються до внутрішньої поверхні циліндра, вони перекидаються в жолоб, або обертаються разом з ним. Розділення зернової суміші за довжиною у цьому разі не відбувається. Тому робочу частоту обертання циліндра беруть тихохідних трієрів меншою від критичної в межах $\omega = (0{,}18...0{,}32)\ \omega_k$, для швидкохідних $\omega = (0{,}53...0{,}79)\ \omega_k$ - рад/с. Трієрні циліндри мають частоту обертання в межах 3,5-4,5 рад/с.

На підприємствах з переробки зерна застосовуються дисковий трієр куколевідбірник ТДК (А9-УТК-6) і трієр вівсюговідбірник ТДК (А9-УТО-6), їх технічна характеристика наведена у таблиці 1.8. Найпоширенішими у переробних виробництвах є циліндричні трієри як більш прості за конструкцією, в ремонті і обслуговуванні, мають меншу металомісткість від дискових трієрів, хоча технологічна ефективність їх дещо нижча дискових.

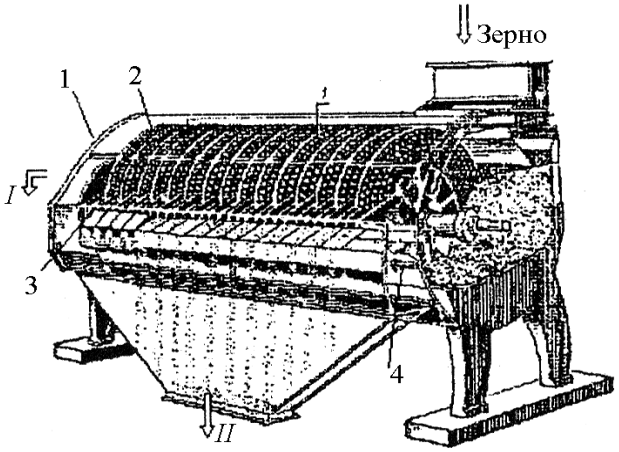


Рис. 1.19. Схема дискового трієра:

1 – корпус; *2* – дисковий ротор; *3* – лоток; *4* – гвинт; *I* – довга фракція; *II* – коротка фракція

Таблиця 1.8

Технічна характеристика дискових трієрів

Показник	ТДК (А9-УТК-6)	ТДК (А9-УТО-6)
Продуктивність, т/год	6	6
Ефективність очищення, %	85...95	85...98
Кількість дисків, у тому числі:	22	16
- робочих	15	13
- контрольних	7	3
Розміри комірок дисків, мм	5×5×2,5	8×8×4
Витрата повітря, $м^3$/хв	10	8
Частота обертання дискового ротора, об/хв	50	55
Потужність двигуна, кВт	3,0	2,2
Габаритні розміри, мм	2425×1000×1500	2000×1000×1100
Маса, кг	1014	800

Циліндричний трієр БТС (рис. 1.20) призначений для очищення зерна від довгої домішки (вівсюга та іншого довгого насіння бур'янів). Робочий циліндр з діаметром 792мм виготовлений із стального листа,

на поверхні якого виштампувані комірки діаметром 8,5мм. Циліндр вільно опирається на чотири ролика *15*, які закріплені на корпусі і приводять його в обертовий рух відносно горизонтальної осі. Всередині циліндра встановлено живильний гвинт *17*, лоток *10* із гвинтом *11* для виведення очищеного зерна. Лоток *10* можна переміщати по напрямній *12* і фіксувати. Тут же розташована гребінка з регулюючими плужками *2*, які служать для переміщення довгих домішок до збірника домішок *8*. Рама трієра нахилена до горизонту під кутом 1...2°. Зерно, яке поступає в живильний гвинт *17*, розподіляється по всій довжині циліндра, попадає в комірки і випадає з них в лоток *10*, потім гвинтом *11* виводиться з машини. Довші за зерно домішки (насіння вівсюгу) не утримуються в комірках, випадають з них і плужками *2* переміщуються в контрольну частину трієра, де розпушуються зворушувачем*5* з тим, щоб повністю виділити зерно. Потім домішки поступають в збірник *8* і виводяться з машини. Технічна характеристика трієра БТС приведена в таблиці 1.9.

Подібну будову з розглянутим мають трієри ТЛГ-8,3 і типів Р6-ТЦ-700 (виконання 01, 02, 03, 04, 05, 06), що випускає ЗАТ "Могилів-Подільський машинобудівний завод", та НО.5002, ЛПК.2002 виробництва ЗАТ "Укрстанкінпром", технічна характеристика цих трієрів приведена в табл.1.9.

Технологічні розрахунки трієрів. Основними параметрами циліндрового трієра є продуктивність, швидкість обертання і робочі розміри циліндра і комірки, його споживана потужність.

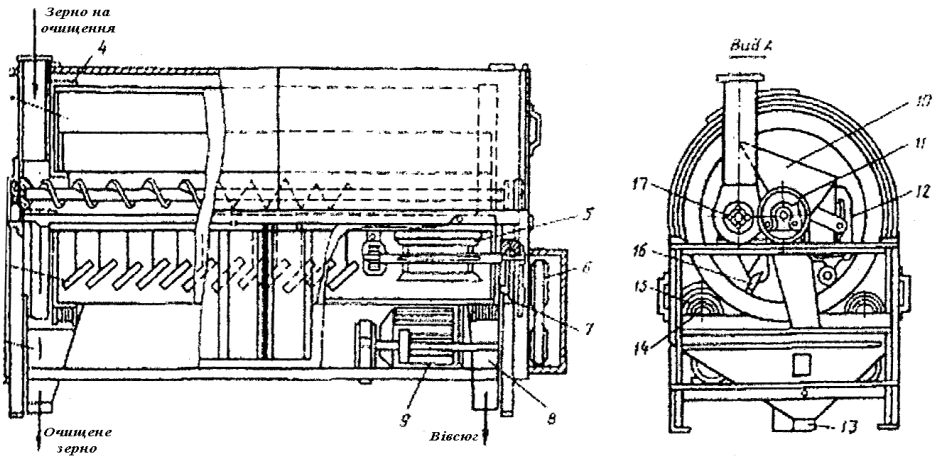


Рис. 1.20. Циліндричний трієр БТС:

1 – збірник зерна; *2* – плужок; *3* – циліндр; *4* – бандаж; *5* – зворушувач; *6* – контрпривід; *7* – ланцюгова передача; *8* – збірник довгої домішки; *9* – електродви-гун; *10* – лоток; *11* – шнек; *12* – напрямна; *13* – випускний отвір; *14* – вал; *15* – ролик; *16* – клапан; *17* – живильний шнек

Таблиця 1.9

Технічна характеристика циліндричних трієрів

Показник	Марка				
	БТС	ТЛГ-8,3	Р6-ТЦ-700	НО.5002	ЛПК.2002
Продуктивність, т/год	5,0	8,3	6,0	5,0	1,3
Ефективність очищення,%			75...85	75...85	75...85
Частота обертання циліндра, об/хв	38,0	37,0	38,0	42,0	35,5
Довжина циліндра, мм	1784	1784	2400	-	-
Діаметр циліндра, мм	792	792	700	-	-
Встановлена потужність, кВт	2,8	2,8	1,1	2,2	1,1
Габаритні розміри, мм: - довжина - ширина - висота*	 2338 1014 1374	 2327 955 1354	 3145 970 1670/900	 3600 1000 2210	 2160 800 1700
Маса*, кг	801	762	618/500	1070	620

***Примітка.** Наведені в чисельнику значення показників трієра Р6-ТЦ-700 відносяться до виконання 01, 02, 03, а у знаменнику – до 04, 05, 06.

Продуктивність трієра Q (кг/год) по неочищеному зерну розраховують за формулою:

$$Q = qS, \qquad (1.16)$$

де: q – питоме навантаження на робочу поверхню: при очищенні пшениці від короткої домішки беруть питоме навантаження в межах q = 750...850, від довгої домішки – q = 550...650; при

очищенні вівса і гречки від коротких і довгих домішок –q = 650...750, при розділенні продуктів лущення вівса –q =500...600 кг/(м^{2}тод);

S – площа робочої поверхні, м^2

Під час проектування продуктивність циліндрового трієра Q (кг/год) розраховують за формулою:

$$Q = 6000\varepsilon nDzml / \alpha \qquad (1.17)$$

де: ε – коефіцієнт використовування робочої поверхні циліндра;

D – діаметр циліндра, м; n - частота обертання циліндра, об/хв;

z – кількість комірок на 1м^2 робочої поверхні циліндра;

m – середня маса зерна, яке поміщається в одній комірці, кг;

l – довжина циліндра, м;

α – вміст коротких зерен у висхідному матеріалі, %

Продуктивність трієра по короткій фракції і довгій фракціях:

$$Q_{ф.к} = \alpha Q / 100, \qquad (1.18)$$

$$Q_{ф.д} = Q\,(100\text{-}\alpha) / 100 \qquad (1.19)$$

Довжину L, (м) трієрного барабана в першому наближені можна обчислити за формулою:

$$l = 2{,}77 \cdot 10^{-6} Q\alpha / (zm\varepsilon v) \qquad (1.20)$$

де: v – колова швидкість циліндра, м/с

Розрахункова кутова частота обертання циліндра (рад/с):

- тихохідних трієрів

$$\omega = K_T\sqrt{2g/D}\,, \qquad (1.21)$$

де: K_T – показник кінематичного режиму трієра:

K_T = 0,18...0,32 – приймають для тихохідних трієрів;

K_T = 0,53...0,79 – приймають для швидкохідних трієрів

Потужність N, кВт, для приведення в дію циліндрового трієра розраховують за формулою:

$$N = 2 \cdot 10^{-4} Q / \eta_{\text{пр}}, \qquad (1.22)$$

де: Q – продуктивність трієра, кг/год;

$\eta_{\text{пр}}$ – КПД приводу трієра

Розміри барабана трієрів такі: діаметр – 500 і 600мм, довжина – від 1500 до 2200мм. Основні параметри робочих комірок трієрів наведені у таблиці 1.10.

До основних параметрів дискового трієра відносять продуктивність, діаметр дисків і їх кількість, розміри комірок, частота обертання дискового ротора та кінематичний режим.

Продуктивність Q (кг/год) дискового трієра розраховують за формулою:

$$Q = 0{,}5\pi q z_{\partial}(D^2 - d^2), \qquad (1.23)$$

де: q – питоме навантаження на одну робочу поверхню диска, кг/(м^2·год);

z_{∂} – кількість дисків

D, d – зовнішній і внутрішній діаметр диска, м

Під час проектування продуктивність дискового трієра Q (кг/год) розраховують за формулою:

$$Q = 3000\varepsilon\pi(D^2 - d^2) n z_{\partial} z m / \alpha \qquad (1.24)$$

Таблиця 1.10

Розміри комірок трієрних циліндрів для очищення та сортування насіння різних культур

Культура	Діаметр комірок (мм) трієрних циліндрів		Культура	Діаметр комірок (мм) трієрних циліндрів	
	кукільного	вівсюжного		кукільного	вівсюжного
Пшениця, жито	5,0	9,5	Льон	3,6	5,0

Ячмінь	6,3	11,2	Конюшина червона	1,6	2,8
Овес	6,3	8,5	Тимофіївка, конюшина рожева та біла	1,8	2,8
Віко-вівсяна суміш	5,0	8,5	люцерна		
Гречка	6,3	8,5	Житняк, вівсяниця, еспарцет	5,0	8,5
Рис	6,3	8,5...11,2			

Потужність N, кВт, для приведення в дію дискового трієра розраховують за емпіричною формулою:

$$N = 0{,}6Q,$$

де Q – продуктивність дискового трієра, т/год

1.2. Зерноочисні і сортувальні мобільні машини для обробки зернового вороху

Машина ЗВС-20А призначена для очищення вороху зернових, бобових, круп'яних і олійних культур з доведенням їх до продовольчих кондицій. Її застосовують в складі зерноочисних агрегатів ЗАВ-25, ЗАВ-40 і зерноочисно-сушильних комплексів КЗС-25. Основні параметри машини ЗВС-20А приведені в табл. 1.11.

Таблиця 1.11

Технічна характеристика машини ЗВС-20А

Показник	Значення показника
Продуктивність, т/год	25
Встановлена потужність, кВт	7,7
Число аспіраційних каналів	2
Розміри розрізу аспіраційних каналів, мм	100×14000
Число решітних станів	2

Амплітуда коливань станів, мм	7,5
Кут нахилу решіт, град	6
Довжина решітного полотна, мм	990
Ширина решітного полотна, мм	740
Число пар решіт, встановлених в машині	8
Габаритні розміри машини, мм довжина ширина висота	 1985 2850 2575
Маса, кг	1805

Машина включає в себе повітряну частину і два паралельно працюючих решітних стана. Повітряна частина складається із приймальної камери *6* (рис. 1.20) з двома аспіраційними каналами *5* і *9*, осадової камери *4* і з'єднаного з нею патрубком відцентрового вентилятора *2*. Приймальна камера *6* утворюється простором між аспіраційними каналами *5* і *9*. По ширині приймальної камери зерно розподіляється шнеком з підпружиненим клапаном. В нижній частині приймальної камери встановлена решітка *8*, яка поділяє зерновий потік на рівні частини, направляючи їх в аспіраційні канали.

Осадочна камера *4* призначена для збору легких домішок і пилу, які виносить повітряним потоком із аспіраційних каналів при роботі машини. Повітряний потік утворюється вентилятором, у вихідній частині якого, розміщена заслінка для регулювання швидкості повітряного потоку. В нижній частині осадової камери встановлені клапани *1*.

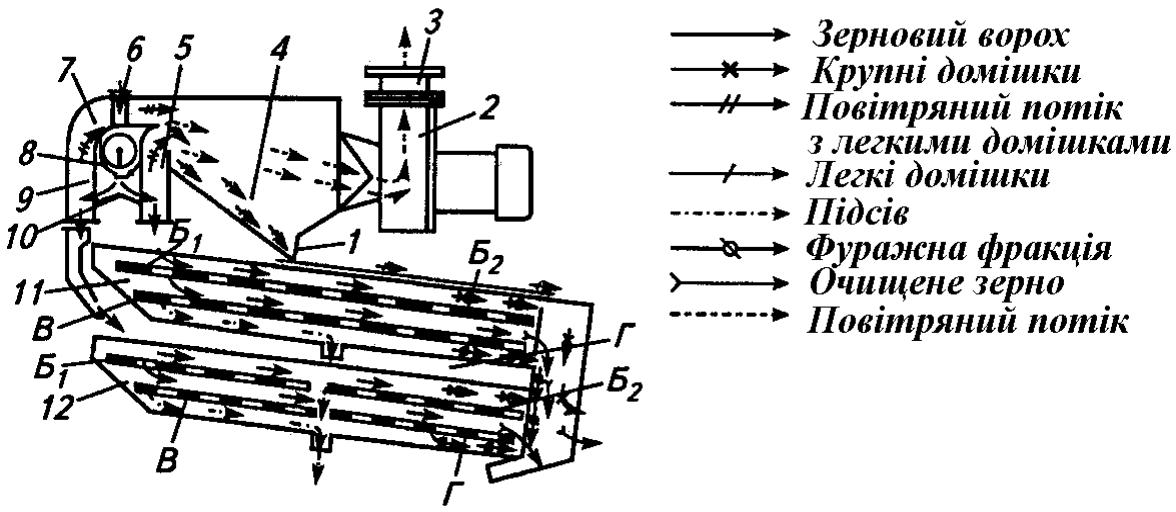


Рис. 1.20. Схема повітряно-решітного зерноочисника ЗВС-20:

1 – клапани; *2* – вентилятор; *3* – заслінка; *4* – осадочна камера; *5, 9* – аспіраційні канали; *6* – приймальна камера; *7* – завантажувальні вікна; *8* – дільникова решітка; *10* – підпружинені клапани; *11* – верхній решітний стан; *12* – нижній решітний стан

Верхній *11* і нижній *12* решітні стани мають однакову конструкцію і включають в себе кожний по 8 решіт, які розташовані в два яруси, і щітковий механізм очищення решіт. Решета вставляють в касети, які розміщують в направляючих і затискують ексцентриковими притискачами. Верхній ярус решіт закінчується скатами для виводу крупних домішок в приймальник. в боковинах решітних станів виконано по два вікна для встановлення колінчатих валів механізму очищення решіт. В середній частині дна решітного стану розташований лоток для виводу підсіву.

При роботі машини зерновий ворох поступає в приймальну частину живильного пристрою, шнеком рівномірно розподіляється по ширині повітряної камери і подається в аспіраційні канали, де повітряним потоком виділяються легкі домішки і виносяться в осадову камеру, із якої через клапани виводяться зовні. Після повітряного очищення зерновий ворох ділиться на дві рівні частини і поступає на верхній і нижній решітні стани, які працюють паралельно.

На решетах *Б*, зерновий ворох, що надійшов ділиться на дві приблизно однакові частини: мілкі домішки і більш дрібні зернівки просипаються на решетах *В*, а більш крупна частина вороху іде сходом на решето $Б_2$. Таке розділення вороху збільшує продуктивність машини, так як решета $Б_2$ і *В* працюють паралельно. Решето $Б_2$ відділяє крупні домішки від надходженого на нього вороху. Те що пройшло через решето $Б_1$ вороха на решетах *В* виділяються мілкі домішки. Схід з решіт *В* попадає на решета *Г*, де з нього виділяється дрібне і щупле зерно. Схід з решіт *Г* в кінці процесу об'єднуються з проходом решіт $Б_2$, в результаті отримуємо очищене зерно. Всі фракції, крім підсіву і легких домішок, лотками виводяться в приймальники, які розташовані позаду кожного решітного стану. Машина ЗВС-20А може працювати і по фракційній технології.

При підготовці машини до роботи слід забезпечити рівномірну подачу матеріалу по ширині машини. Рівномірність розподілення матеріалу по ширині решітних станів регулюють за рахунок зміни зусилля віджимання клапана-живильника торшоном. Після встановлення рівномірної подачі зерна регулюють швидкість повітряного потоку в аспіраційних каналах, змінюючи положення заслінок на виході вентилятора. Завершують підготовку машини до роботи підбором необхідних решіт для обробки зернового вороху у конкретній культурі.

Від правильності підбору решіт в значній мірі залежить якість розділення зернового вороху. Рекомендований набір решіт приведено в табл. 1.12.

Таблиця 1.12

Набір решіт до машини ЗВС-20А

Культура	Розміри отворів решіт, мм			
	$Б_1$	$Б_2$	*В*	*Г*
Пшениця	2,8...3,2	3...4	1,7; Ø2...2,5	1,7...2,4
Жито	2,2...2,6	3...3,6	Ø2...2,5	1,5...2
Ячмінь	3...3,6	3,6...5	Ø2,5	2...2,4
Овес	2...2,4	2,6...6,6	Ø2,5	1,7...2

Кукурудза Просо Гречка	Ø8 1,7...2 3...4	Ø10 2...2,4 Ø5...6,5	Ø5 Ø2 Ø2,5...3,6	Ø6,5 1,5...1,7 Ø3,6...4
Боби кормові	6,5...8 Ø11	8,5...10 Ø11,5...12	4,5...5,5 Ø6,5	Ø6,5
Рис	2,4...2,8 Ø5...5,5	2,8...3 Ø5...6,5	2...2,2 Ø2,5...3	2,2...2,4 Ø3,2...3,6
Соняшник	Ø6,5...7	Ø8...10	Ø3,6...4	1,7...2
При роботі по фракційній технології				
Пшениця	2,6...2,8	2,8...3	1,7; Ø2	2...2,6
Жито	2...2,4	2,6...3	Ø2...2,5	1,7...2,2
Ячмінь	2,8...3	3...3,6	Ø2,5	2,2...2,8

При обробці насіннєвого матеріалу необхідно встановлювати решета *В* і *Г* з невеликими отворами, більше ніж при обробці продовольчого зерна.

Очисники ОВС-25 і ОВС-25С призначені для попереднього і первинного очищення вороху зернових, зернобобових, круп'яних, олійних і технічних культур від легких, крупних і дрібних домішок на зернотоках і в закритих приміщеннях. Може бути використаний для завантаження і перелопачування зерна в буртах шириною до 4,5 м. Стаціонарний очисник вороху ОВС-25С використовують при реконструкції зерноочисних агрегатів ЗАВ-20. Основні параметри очисників вороху наведено в табл. 1.13.

Таблиця 1.13

Технічні характеристики машин ОВС-25 і ОВС-25С

Показник	ОВС-25	ОВС-25С
Продуктивність, т/год: на попередньому очищенні зерна пшениці чистотою 90% і вологістю 20%	25	

на первинному очищенні зерна пшениці чистотою 90% і вологістю 16%	12	
Діаметр шестилопатевого колеса вентилятора, мм	530	
Частота обертання колеса вентилятора	1220	
Розміри поперечного перерізу пневмосепаруючого каналу, мм	130×960	
Число пневмосепаруючих каналів	2	
Число решітних станів	2	
Кут нахилу решіт, град	8	
Амплітуда коливань станів, мм	7,5	
Частота коливань решітних станів, Гц	8,2	
Розмір решіт, мм	790×990	
Встановлена потужність, кВт	7,3	4
Габаритні розміри в робочому положенні, мм		
довжина	5090	3130
ширина	6200	1790
висота	3280	2150
Маса, кг	1956	1090

Збірні одиниці пересувного очисника ОВС-25: завантажувальний транспортер *1* (рис. 1.21) з двома живильниками, приймальна камера *2*, повітряно-очисна частина, верхній і нижній решітні стани *12*, відвантажний транспортер *16* і шнек *9*, які змонтовані на рамі *11*, встановленій на трьох гумових колесах *10*. Механізм самопересувний дозволяє машині переміщуватися на току при роботі і переїжджати від вороха до вороху.

Завантажувальний транспортер *1* (шириною захвата 4500 мм) складається із похилого скребкового транспортера і двох шнекових живильників, шарнірно з'єднаних з нижньою головкою транспортера. Завдяки шарнірному зв'язку живильники копірують поверхню току. Підйом їх здійснюють за допомогою лебідок, які прикріплюються до корпусу завантажувального транспортера.

На завантажувальному транспортері встановлений автоматичний пристрій, який регулює подачу вороха в машину. Цей пристрій забезпечує електромеханічний зв'язок завантаження з механізмом пересування машини, так як крутний момент на привідному валу завантажувального транспортера змінюється в залежності від подачі матеріалу.

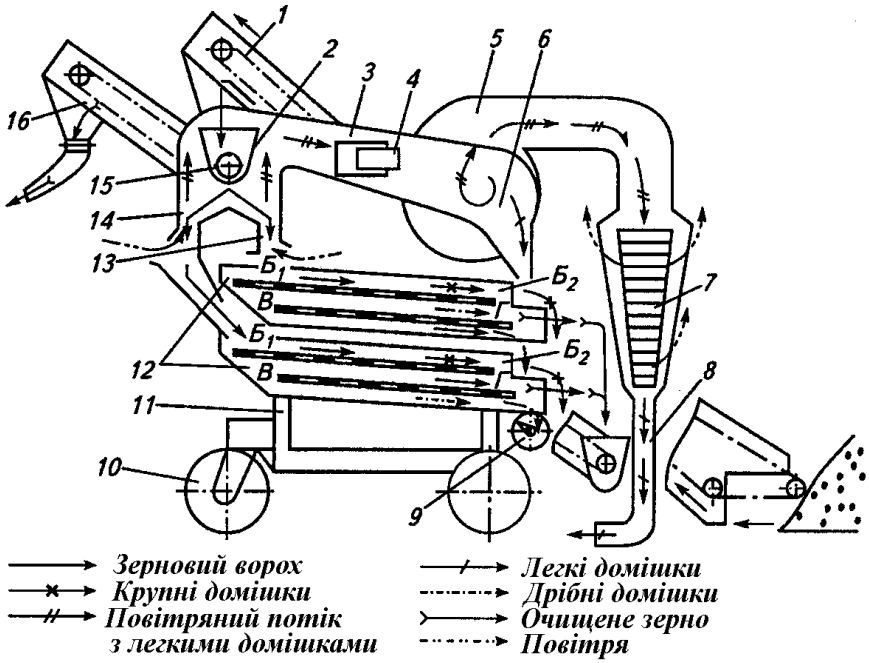


Рис. 1.21. Технологічна схема самопересувного очисника вороху ОВС-25:

1 – завантажувальний транспортер; *2* – приймальна камера; *3* – повітропровід; *4* – регульована заслінка; *5* – вентилятор; *6* – осадочна камера; *7* – пиловловлювач; *8* – пневмотранспортер; *9* – шнек; *10* – колесо; *11* – рама; *12* – решітні стани; *13, 14* – пневмосепаруючі канали; *15* – розподільчий шнек живильного пристрою; *16* – розвантажувальний транспортер

Приймальна камера *2* представляє собою простір між двома вертикальними повітряними каналами *13* і *14*. У верхню частину камери вбудовано живильний пристрій, який складається з приймального лотка, розподільчого шнеку, клапана-живильника і

дільника. Живильний пристрій і дільник розподіляють по ширині увесь вихідний матеріал і ділять його на два рівні потоки. Один потік подається на верхній решітний стан, а другий потік – на нижній.

Повітряно-очисна частина машини складається з двох вертикальних пневмосепарувальних каналів *13* і *14*, в яких відбувається очищення вихідного матеріалу до решіт, повітропроводу *3* з осадовою камерою *6* гравітаційного типу, вентилятора *5*, інерційного жалюзійного пиловловлювача *7* і пневмотранспортера *8*. Повітропровід з'єднує канали *13* і *14* з вентилятором *5* і сприяє вирівнюванню напору повітряного потоку в каналах. Одна сторона повітропроводу з'єднана фланцем з корпусом приймальної камери, а друга його сторона – патрубком з вентилятором. В боковій стінці корпусу повітропроводу виконано вікно з регульованою заслінкою *4* для регулювання швидкості повітряного потоку. Положення заслінки *4* змінюють за допомогою зубчастого колеса і рейки, що переміщується рукояткою, яка виведена вниз. При відкритті вікна в систему подається чисте повітря, швидкість потоку у повітряних каналах знижується.

До корпусу повітропроводу прикріплена осадова камера *6* трапеційного перерізу. В ній осідають домішки (щупле зерно, пісок і ін.), які несе повітряний потік у вентилятор. Домішки видаляються із осадової камери через клапани, які знаходяться в нижній її частині.

Вентилятор *5* пиловий, середнього тиску. Він з'єднаний з інерційним пиловловлювачем *7*. Інерційний пиловловлювач призначений для видалення значної частини відпрацьованого повітря без помітної втрати напору. Через жалюзі пиловловлювача виходить частина повітря, яке вивільнилось від легких домішок, а залишене повітря транспортує відходи в сторону машини.

Два решітних стана *12* (верхній і нижній) машини працюють паралельно. Будова верхнього і нижнього станів однакова. В стані встановлено чотири решета: $Б_1$, $Б_2$, В і Г. Кожний решітний стан приводиться в коливальний рух шатунами, які одержують рух від головного ексцентрикового валу. Стани коливаються в протилежні сторони, завдяки чому врівноважуються інерційні сили, які виникають при роботі станів.

Решета розділяють зерно на фракції, для виходу яких поставлені прийомними і лотки. Під решетами встановлені щітки. Вони щільно прилягають до решіт і при своєму обертально-поступальному русі очищують їх, видавлюють зерна, які залишились в отворах. Для очищення одного ряду решіт призначено шість щіток. Вони прикріплені до труби, яка надіта на поперечний колінчатий вал. Щітки притискаються при повороті колінчатого валу.

При русі машини вздовж вороху завантажувальний транспортер *1* захвачує зерновий матеріал і подає в прийомну камеру *2* на шнек *15* живильного пристрою, який розподіляє зерно по ширині камери. Розподільник, який встановлено під приймальною камерою *2*, ділить матеріал на дві рівні частини і направляє його в пневмосепаруючі канали *13* і *14*. Повітряний потік від вентилятора *5* через пиловловлювач *7* виносить легкі домішки в атмосферу. Більш крупні домішки із повітряного потоку вловлюються в осадовій камері *6* і виводяться із машини. Швидкість повітряного потоку в пневмосепаруючих каналах встановлюють такою, щоб із зернового вороху виділявся пил, частинки соломи, полова, легкі бур'яни.

Зерновий матеріал, який пройшов повітряне очищення, розділяється на дві рівні частини і подається на верхній і нижній решітні стани *12*. Процес очищення на верхньому і нижньому станах однаковий. Решето $Б_1$ ділить зерно, яке поступає на дві приблизно рівні частини, але різні за складом.

Отвори решіт підібрані таким чином, що частина зерна з дрібними домішками проходить через решето $Б_1$, а частина зерна з крупними домішками іде сходом на решето $Б_2$, де від зерна відділяються крупні домішки. Розміри отворів повинні бути такими, щоб все зерно проходило через них. Таке розділення збільшує продуктивність машини, так як решета $Б_1$ і *В* працюють паралельно.На решетах *В* і *Г* виділяється підсів, а також щупле і бите зерно. Розміри отворів цих решіт повинні бути меншими за мінімальний розмір зерна по ширині і товщині. Решета *В* і *Г* мають однакові по формі отвори і працюють послідовно.

Схід крупних домішок з решета $Б_2$, виходи з осадової камери *6* і прохід через решета *В* і *Г* виводяться з машини. Схід з решета *Г* (чисте зерно) потрапляє у приймач, звідки шнеком *9* подається в нижню

частину відвантажувального транспортера *16*, який виводить чисте зерно з машини і поворотним носком направляє його або в кузов автомашини, або утворює за ним шар чистого зерна.

Установивши решета, перевіряють правильність їх підбору, контролюючи виходи з машини. Якщо решето не відповідне, то його замінюють. Перед заміною решіт щітки повинні бути в крайньому передньому положенні з боку встановлення решіт і опущені. Для нормального очищення решіт щітки повинні виступати над площиною решета на 1…2 мм. Положення щіток регулюють по мірі їх стирання.

Зерноочисні машини серії МЗС і МЗ-10С призначені для первинного очищення зерна, яке поступає з поля, зернового вороху колосових, круп'яних, зернобобових і інших культур. Стаціонарні машини серії МЗС застосовують в складі зерноочисних агрегатів ЗАВ і зерноочисно-сушильних комплексів КЗС. Машина МЗ-10С саморухома і виконує ті ж функції на зернотоках.

Основні показники машин приведено в табл. 1.14.

Таблиця 1.14

Технічні характеристики машин серії МЗС і МЗ-10С

Показник	МЗС-25	МЗС-10	МЗС-5	МЗ-10С
Тип	стаціонарна			саморухома
Продуктивність на пшениці, т/год	25	10	5	10
Встановлена потужність, кВт	4,5	2,2	2,2	6,15
Габаритні розміри, мм:				
довжина	2250	2250	2250	3700
ширина	2380	1500	1150	4600
висота	2100	2100	1890	3300
висота вивантаження	–	–	–	2500
Маса, кг	900	520	460	1105

Стаціонарні машини мають дуже подібну конструкцію. Вони складаються з рами *1* (рис. 1.22), нижнього *2* і верхнього *3* решітних

станів, завантажувального бункера *4*, повітряного очищення, яке включає в себе вентилятор *6* і канали першої *5* і другої *7* аспірацій, привід. В каналі другої аспірації встановлена регулююча заслінка *8*. Верхній решітний стан складається з одного решета, а нижній – з двох.

Робочий процес стаціонарних машин відбувається наступним чином: зерновий ворох потрапляє в завантажувальний бункер *4*, з якого самопливом через регулюючий отвір подається на верхній решітний стан *3*. При цьому зерновий ворох проходить через канал першої аспірації *5*, де з нього виділяються легкі домішки, а та частина, що залишилася, потрапляє на решето верхнього решітного стану *3*. На цьому решеті крупні домішки ідуть сходом в лоток і виводяться з машини, а прохід по похилій (скатній) поверхні потрапляє на нижній решітний стан *2*, в якому встановлені сортувальне і підсівне решета у два яруси. Ворох потрапляє на верхнє сортувальне решето, де з нього проходом виділяються дрібні домішки і більш мілка частина зерна, які потрапляють на нижнє підсівне решето, а крупне повноцінне зерно іде сходом в канал другої аспірації *7*, де з нього виділяється та частина домішок, яка залишилась. На підсівнім решеті із просипаного на нього вороха проходом виділяються дрібні засмічувачі і сходом зерно другого сорту.

Ці компоненти потрапляють в лотки і виводяться за границі машини. На машинах застосовуються шарикові очисники решіт.

На відміну від стаціонарної машини МЗС-10 саморухома машина МЗ-10С має ходову частину з саморухомим механізмом, а також завантажувальний і розвантажувальний транспортери. В якості транспортуючих органів застосовують шнеки.

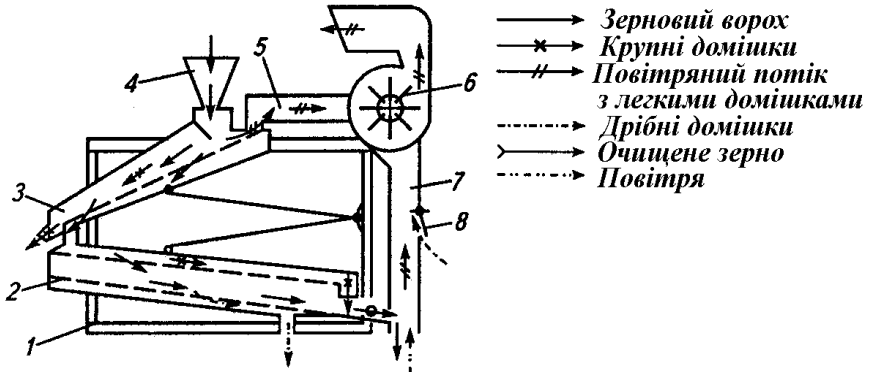


Рис. 1.22. Технологічна схема машин МЗС-25/10/5:

1 – рама; *2* і *3* – нижній і верхній стани; *4* – завантажувальний бункер; *5* – канал першої аспірації; *6* – вентилятор; *7* – канал другої аспірації; *8* – регульована заслінка

Машина МПО-30Д призначена для попереднього і первинного очищення зернового вороху, яке потрапляє з поля, колосових, круп'яних, зернобобових і олійних культур, а також насіння багаторічних трав. Її встановлюють в технологічних лініях зерноочисних агрегатів ЗАВ-20 і ЗАВ-25. Основні показники машини приведено в табл. 1.15.

Таблиця 1.15

Технічна характеристика машини МПО-30Д

Показник	Значення показника
Тип	стаціонарна
Продуктивність при очищенні зернового вороху пшениці, т/год: попереднього первинного	 30 8
Розміри решіт, мм: довжина ширина	 720 295
Число встановлених решіт	16
Встановлена потужність, кВт	5,5
Габаритні розміри машини, мм: довжина ширина висота	 3320 1740 2050
Маса, кг	1500

Машина МПО-30Д складається з приймального бункера-живильника *1* (рис. 1.23) з розрівнюючим шнеком *2* і регулюючою заслінкою *3*, яка примикає до першого пневмосепаруючого каналу *4*; решітного стану *25* із встановленим в ньому верхнім *6* і нижнім *7* решетами, щітковим механізмом очищення нижнього решета *8*,

піддоном *9* решітного стану і відвідними лотками *10*, *14* повітряного очищення з першим*4* і другим *15*пневмосепаруючими каналами, осадовими камерами *17* і *22*, шнеками *16* і *23* для виводу матеріалу із пило-осадових камер, регульованими заслінками *19*, *20* і *21*, діаметральним вентилятором *18*.

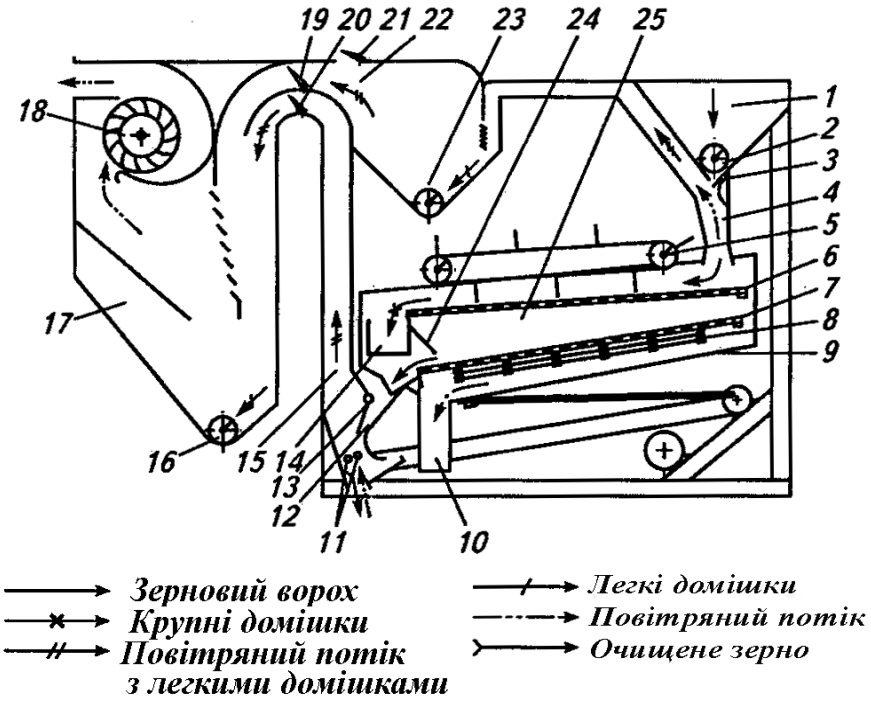


Рис. 1.23. Технологічна схема машини первинного очищення МПО-30Д:

1 – бункер-живильник; *2* – розрівнюючий шнек; *3* – регульована заслінка; *4* – перший пневмосепаруючий канал; *5* – скребковий транспортер; *6*, *7* – верхнє і нижнє решета; *8* – щітковий механізм;*9* – піддон решітного стану; *10*, *14* – лотки; *11* – дефлекторні стрижні; *12* – підходяща воронка; *13* – коливальна заслінка з противагою; *15* – другий пневмосепаруючий канал; *16*, *23* – шнеки; *17*, 22 – друга і перша осадові камери; *18* – діаметральний вентилятор; *19*, *20*, *21* – регульовані заслінки; *24* – скатна дошка; *25* – решітний стан

Для очищення верхнього решета *6* над ним встановлений скребковий транспортер *5*. Решітний стан приводиться в коливальний

рух шатунами, одержуючи цей рух від головного ексцентрикового валу з противагами. Щітки для очищення нижнього решета одержують зворотно-поступальний рух від шатунів, які встановлюють на валу приводу щіткового візка.

Машина працює наступним чином. Зерновий ворох по зернопроводу потрапляє в бункер-живильник *1* (рис. 1.23). Подачу зернового вороху в машину регулюють, змінюючи завантаження норії, яку встановлюють в технологічній лінії, а рівномірність розподілення його по ширині машини – за допомогою розрівнюючого шнека *2* і розташованої під ним регулюючої заслінки *3*. З приймальної камери зерновий ворох потрапляє в перший пневмосепаруючий канал *4*, де повітряним потоком з нього видаляються легкі домішки.

Після очищення в першому пневмосепаруючому каналі зерновий ворох потрапляє на верхнє решето *6* решітного стану *25*, де з нього виділяються крупні домішки, які ідуть сходом в лоток *14* і виводяться з машини, а залишена частина вороха потрапляє на нижнє решето *7*, де із зернового вороху виділяються проходом на піддон *9* решітного стану дрібні домішки, щупле і дроблене зерно основної культури, які потрапляють в лоток *10* і виводяться з машини. Зійшовши з решета *7*ворох подається в другий пневмосепаруючий канал *15*, де завершується процес очищення насіння. Повітряний потік з легкими домішками з першого пневмосепаруючого каналу потрапляє в осадову камеру *22*, а з другого – в осадову камеру *17*. Ті домішки, що осіли в камерах шнеками *23* і *16* виводяться з машини, а очищене повітря проходить через крильчатку діаметрального вентилятора *18* і видаляється зовні.

В процесі експлуатації машини якість очищення зернового вороху залежить від правильності підбору решіт і встановлення режиму роботи повітряного очищення. Решета підбирають в залежності від оброблюваної культури, яка проходить обробку (табл. 1.16).

Правильність підбору решіт оцінюють після перевірки якості роботи машини на встановленому режимі, аналізуючи проби всіх виходів.

Машина МЗП-50-1 (Р8-БЦС-50) призначена для первинного очищення зерна зернових, круп’яних, бобових і інших культур. Її

застосовують в складі зерноочисних агрегатів ЗАВ і інших технологічних ліній. Основні показники машини приведено в табл. 1.17.

МЗП-50-1 складається з двох уніфікованих повітряно-решітних зерноочисних блоків відцентрово-вібраційного типу. У верхній частині блоки з'єднані відстійниками. В кожному блоці є дозатор, повітроочисний і решітний пристрої, механізм очищення решіт, вібратор і механізм приводу.

Неочищене зерно через завантажувальний пристрій *3* (рис. 1.24) потрапляє на центробіжний розкидувач *4*, яким рівномірно розподіляється в кільцевому пневмосепаруючому каналі.

Таблиця 1.16

Набір решіт до машини ЗВС-20А

Культура	Розміри отворів решіт, мм	
	верхнього	нижнього
Пшениця	Ø7...10 4...5,5	1,5...4
Жито	Ø6,5...9,5 3,6...5	1,2...2
Ячмінь	Ø7...12 4,5...6	1,5...2
Овес	Ø7...10 3,5...5,5	1,5...2
Гречка	Ø7...8,5 2...2,5	1,5...1,7
Горох	Ø8...14 7...8	Ø4...5 2,2...3,6
Ріпак	Ø3,6...4	Ø1,1...1,3
Льон	Ø3...4 1,1...1,3	Ø2 0,6...0,8
Конюшина лугова	Ø2,25	0,7...0,8
Люцерна	Ø1,6	0,5...0,6
Тимофіївка лугова	Ø2,25	0,5...0,6
Костриця безоста	Ø5...7	Ø1...1,2
Вівсянниця лугова	Ø3,5...5	0,5...0,6

Таблиця 1.17

Технічна характеристика машини МЗП-50-1

Показник	Значення показника
Продуктивність за 1 год чистого часу, на очищенні пшениці з вихідною засміченістю до 10% і вологістю до 16%, т	50
Номінальна кутова швидкість обертання решіт, рад/с	12
Діаметр решітного ротора, мм	615
Номінальна частота коливань решіт, Гц	13
Амплітуда коливань станів, мм	8
Число решіт, встановлених в машині	6
Габаритні розміри машини, мм довжина ширина висота	 3300 1240 3200
Маса машини, кг	2500

При русі в кільцевому пневмосепаруючому каналі *5* повітряним потоком із вихідного матеріалу видаляються легкі домішки, які по трубопроводу *2* виносяться в осадову камеру *11*, які осідають в ній і виводяться з машини. Очищене від легких домішок повітря по каналу *1* направляється в систему аспірації агрегату. Зерновий матеріал, очищений від легких домішок, по конусу *6* подається до решіт.

Решітна частина представлена трьома каскадами циліндричних решіт, які обертаються навколо вертикальної осі і одночасно коливаються у вертикальній площині. Перше решето *В* – підсівне, друге *Г* – сортувальне і третє *Б* – для виділення крупних домішок. Під дією відцентрової сили обертального руху і сили інерції коливального руху решета *В* дрібні домішки проходять через отвори верхнього решета і лопатками направляються в кільцевий приймальник *12*, звідки виводяться з машини. Схід з решета *В* потрапляє на решето *Г*, де відділяється дрібне, щупле насіння основної культури і зернова домішка (фуражна фракція), які потім через кільцевий приймальник *10* видаляються з машини.

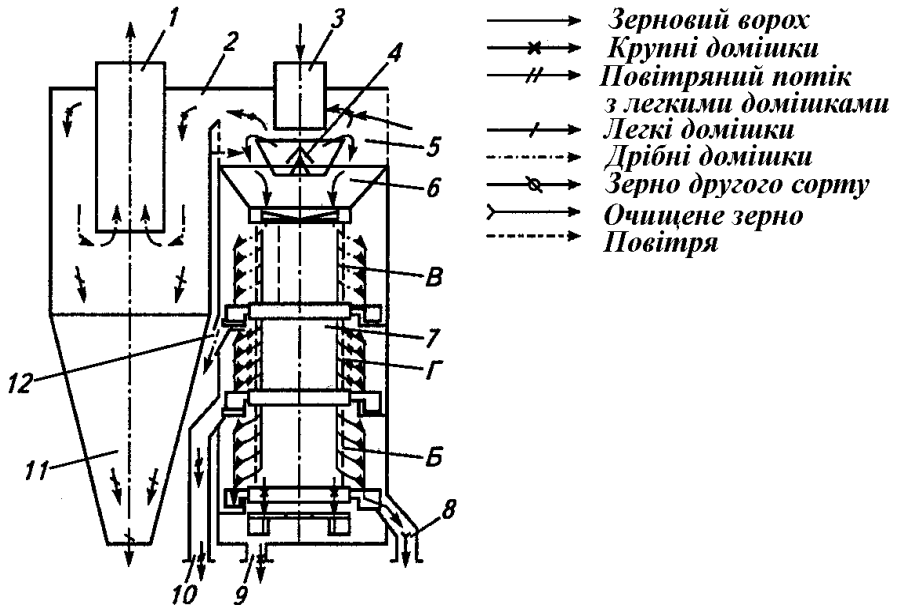


Рис. 1.24. Технологічна схема машини первинного очищення МЗП-50-1:

1 – повітропідвідний канал; *2* – трубопровід; *3* – завантажувальний пристрій; *4* – відцентровий розкидач; *5* – кільцевий пневмосепаруючий канал; *6* – конус; *7* – ротор; *8* – приймальник чистого зерна; *9* – приймальник крупних домішок; *10* – приймальник зернових домішок; *11* – осадочна камера; *12* – приймальник дрібних домішок; *Б*, *В*, *Г* – решета

Очищений від легких і дрібних домішок матеріал потрапляє на решето *Б*, де відбувається відділення зерна від крупних домішок. Прохід через решето *Б* (чисте зерно) потрапляє в приймальник *8*, а схід (крупні домішки) – в приймальник *9*. Для регулювання подачі зерна і швидкості повітря в кільцевих каналах кожний блок оснащений механізмами налаштування. Для використання машини МЗП-50-1 на різних культурах промисловість випускає різні комплекти решіт (табл. 1.18).

Таблиця 1.18

Набір циліндричних решіт до машини МЗП-50-1

Культура	Розміри отворів решіт, мм

	Б	В	Г
Пшениця	3…4 Ø6,5…8,5	1,7…2 Ø2…2,5	2…2,4
Жито	3…3,6 Ø6,5	1,5 Ø2…2,5	1,7…2,2
Ячмінь	3…5 Ø8…10	1,7…2 Ø2,5	2,2…2,6
Овес	2,6…4 3,5…5,5	1,5…2,5	1,7…2,0
Кукурудза	Ø8…10	Ø5	Ø6,5
Соя	Ø6,5…10	Ø3,6…6	Ø4…5

1.3. Очисники вороху стаціонарні

Машини серії МПО (МПО-30, МПО-50, МПО-50С і МПО-100) (табл. 1.19) призначені для попереднього очищення зернового вороху пшениці, ячменю, соняшнику, рису і інших культур від крупних і легких домішок. Ці машини застосовують в складі зерноочисних агрегатів ЗАВ-25, ЗАВ-40, ЗАВ-50 і ЗАВ-100, зерноочисно-сушильних комплексів КЗС-25Ш, КЗС-25Б, КЗС-50 і відділеннях ОП приймання і тимчасового зберігання.

Машина попереднього очищення зернового вороху, наприклад МПО-50 (рис. 1.25) включає в себе приймальну камеру і повітряно-очисну частину.

В приймальній камері встановлений завантажувальний шнек *8* і сітчастий транспортер *7* з відбивальником *5*. Дно приймальної камери виконано у виді клапана *9*, зусилля стискання якого (рівномірність розподілення матеріалу по ширині машини) регулюють за допомогою вантажників. Сітчастий транспортер складається з безкінцевої сітчастої стрічки, ведучого і ведомого валів. Над транспортером *7* встановлені соломо притискачі *6* під ним скатна дошка *4*, яка розділяє матеріал на два потоки.

Таблиця 1.19

Технічні характеристики машин серії МПО

Показник	МПО-30	МПО-50	МПО-50С	МПО-100
Продуктивність, т/год	30	50	50	100
Частота обертання вентилятора, хв$^{-1}$	690	690	690	810
Встановлена потужність, кВт	4,55	7,5	7,5	11
Повнота виділення домішок, %	50	50	50	50
Габаритні розміри, мм: довжина	2480	2850	2750	3210
ширина	1310	1850	1845	1970
висота	2250	2050	2400	2130
Маса, кг	830	1041	925	1290

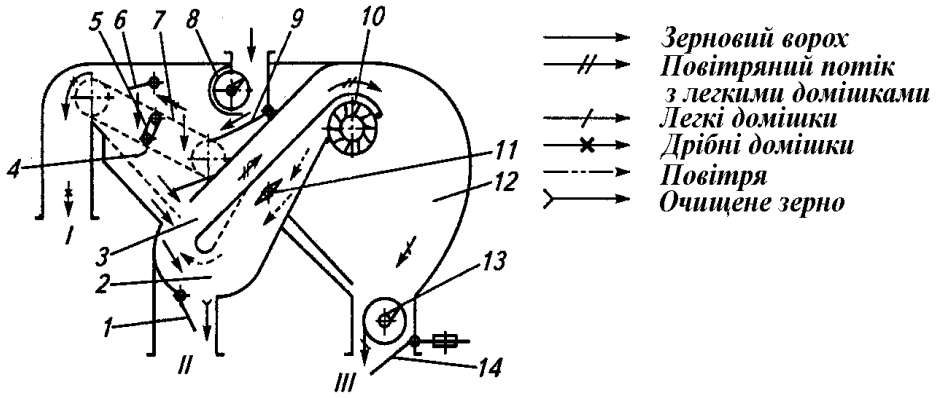


Рис. 1.25. Технологічна схема машини попереднього очищення зернового вороху МПО-50:

1, *14* – підпружинені клапани; *2* – нагнітальний канал; *3* – пневмосепаруючий канал; *4* – скатна дошка; *5* – відбивальник; *6* – соломопритискачі; *7* – сітчастий транспортер; *8* – завантажувальний шнек; *9* – клапан; *10* – діаметральний вентилятор; *11* – дросельна заслінка; *12* – осадочна камера; *13* – шнек легких домішок

Повітряно-очисна частина виконана замкнутою. Вона включає в себе всмоктуючий (пневмосепарувальний) *3* і нагнітальний *2* канали, осадову камеру *12*, у верхній частині якої встановлений діаметральний вентилятор *10*, а в нижній шнек *13* для виводу легких домішок. Дросельна засіка *11* в нагнітальному каналі *2* призначена для

регулювання швидкості повітряного потоку. В нижній частині перегородки нагнітального каналу *2* є жалюзійні отвори, а в боковій стінці виконано вікно з фланцем для під'єднання повітряної частини машини до загальної аспіраційної системи агрегату чи комплексу.

Пневмосепарувальний канал з верхньою частиною з'єднаний з осадовою камерою *12*, нижньою – *3*, нагнітальним каналом *2*. У місці розвантаження очищеного матеріалу встановлені підпружинені клапани *1*, а на виході із шнека *13* розвантаження легких домішок – клапан *14* з регулюючим вантажем.

Машина працює наступним чином. Ворох, який призначений для очищення поступає в завантажувальний шнек *8*, який рівномірним шаром розподіляє його по ширині машини і подає через клапан *9* на сітчастий транспортер *7*. Зерно, легкі і дрібні домішки проходять через отвір в стінці, а великі домішки (солома, колоски і ін.) притискаються соломопритискачами *6* до транспортеру *7* і виносяться ним у вихід, який закритий підпружиненим клапаном *1*. Для інтенсифікації процесу сепарації підбивальник *5* повідомляє верхній гілці сітчастого транспортера *7* вертикальні переміщення. Потім зерновий матеріал розділяється на два потоки і поступає в пневмосепаруючий канал *3*, де відділяється частина легких домішок, які виносяться в осадову камеру *12*, а із неї шнеком *13* – у вихід *III* за границі машини. Очищене зерно через вихід *II*, який закритий підпружиненими клапанами *1*, самопливом направляється на подальшу обробку.

Машина МПО-30 має таку саму конструкцію, як і МПО-50, але її ширина зменшена до 1310 мм.

В машині МПО-50С для виділення крупних домішок замість сітчастого транспортера застосований барабанний скальператор.

В машині МПО-100, яка створена на базі МПО-50, застосовують комбінований пневмосепаруючий канал і лопатевий живильний валик для надходження матеріалу в канал. Нижня частина стінки, яка розділяє повітряновідвідний канал від пневмосепаруючого, виконана жалюзійною. У повітряпопідвідному каналі встановлені дві зблоковані заслінки для регулювання швидкості повітряного потоку в пневмосистемі.

Особливістю конструкції комбінованого пневмосепаруючого каналу є те, що нижня частина його зовнішньої стінки (до живильного валика) виконана вертикальною, а верхня частина – похилою, яка плавно з'єднується зі стінкою верхньої частини каналу. Зблоковані заслінки дозволяють більш точно встановити необхідну швидкість повітря в пневмосепаруючому каналі і в меншом ступеню впливають на поле швидкостей в зоні сепарації. Живильний валик розрихлює зерновий потік і більш рівномірно розподіляє його по глибині каналу.Конструктивні зміни повітряно-очисної частини машини МПО-50 дозволили збільшити її пропускну здатність до 100 т/год.

Машини МПР-50 і МПР-50С призначені для попереднього очищення зернового вороху колосових, зернобобових, круп'яних і олійних культур від крупних, легких і мілких домішок. Ці машини застосовують в складі зерноочисних агрегатів ЗАВ і зерноочисно-сушильних комплексів КЗС.

Таблиця 1.20

Технічні характеристики машин МПР-50, МПР-50С

Показник	Значення показника
Продуктивність, т/год, при очищенні:	
пшениці	до 50
ячменю	до 45
соняшнику	до 15
Встановлена потужність, кВт	8,6
В тому числі на привід приставки РП-50	1,1
Повнота відселення домішок при очищенні, %:	
попередньої	50
первинної	60
Габаритні розміри, мм:	
довжина	3230
ширина	1940
висота	3060
Маса, кг	1885
В тому числі приставки РП-50	810

Агрегат МПР складається з двох автономних блоків (рис. 1.26): машини *1* (МПО-50 або МПО-50С) з пневмосепаруючим*2* і нагнітальним *3* каналами і решітної приставки 4 (РП-50).

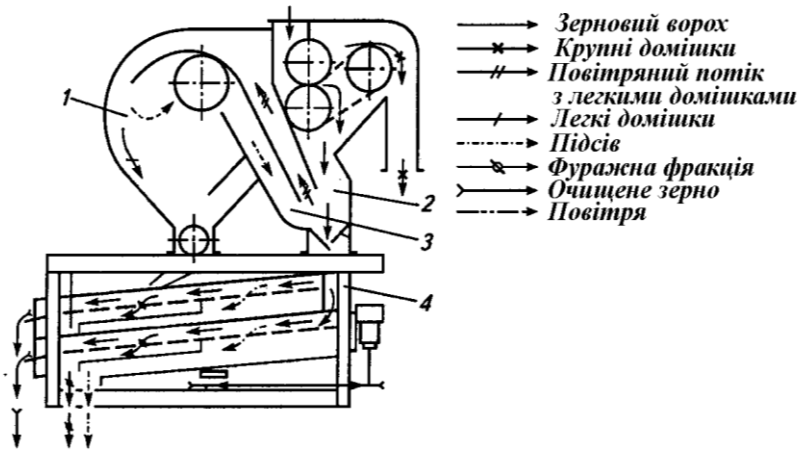


Рис. 1.26. Технологічна схема агрегату МРП-50:

1 – машина МПО-50; *2* і *3* – пневмосепаруючий і нагнітальний канали; *4* – решітна приставка РП-50

Решітна приставка РП-50 призначена для очищення зернового вороху різних культур від дрібної смітної домішки. Приставка являє собою двоярусний решітний стан, який закріплено на рамі чотирма канатними підвісками і обладнано вісьма решетами і вісьма касетами з шариковими очисниками. В процесі очищення зерновий ворох розділюється на три фракції: основне зерно, дрібну смітну домішку і фураж.

В процесі роботи машини очищення від крупних домішок здійснюється сітчастим транспортером (МПО-50) або скальператором (МПО-50С), від легких домішок – повітроочисною системою з діаметральним вентилятором, від дрібних – решетами приставки РП-50.

Машини серії МПУ (МПУ-70, МПУ-20, МПУ-15) призначені для якісної доробки зернового вороху, що надходить з поля, перед сушінням, тимчасовим зберіганням і вторинною обробкою з виділенням крупних, легких і дрібних забруднювачів повітряним потоком і на решетах. Ці машини застосовують в складі зерноочисних агрегатів ЗАВ, зерноочисно-сушильних комплексів КЗС і відділення ОП-50 прийому і тимчасового зберігання зерна.

Основні показники машин серії МПУ наведено в табл. 1.21.

Таблиця 1.21

Технічні характеристики машин серії МПО

Показник	МПУ-70	МПУ-20	МПУ-15
Продуктивність, т/год, при доробці:			
пшениці	50	50	15
ячменю	40	40	12
соняшнику	15	15	5
кукурудзи	–	20	–
цукрового буряка	60	60	–
Встановлена потужність, кВт	2,2	2,2	4
Габаритні розміри, мм:			
довжина		2900	1955
ширина		2200	1500
висота		3200	1980
Маса, кг	2000	1850	703

Машина МПУ-70 (рис. 1.27) складається з рами, приймальної камери, повітроочисної частини з пневмосепаруючими каналами і осадовою камерою, двох решітних станів, які оснащені решетами загальною площею 12м^2, і приводу. Решітні стани закріплені на рамі за допомогою дерев'яних пластинчатих підвісок.

Прийомна камера *3* служить для організації неперервної, рівномірної подачі обробленого матеріалу на скальператор *2* для видалення найбільш крупних домішок. Камера включає в себе корпус, завантажувальну секцію, живильний валик зі шківом, скальператор, що являє собою циліндричне решето. В нижній частині камери є похилі перегородки, які утворюють пневмоканал *4* першої аспірації для очищення зернового вороху від легких домішок.

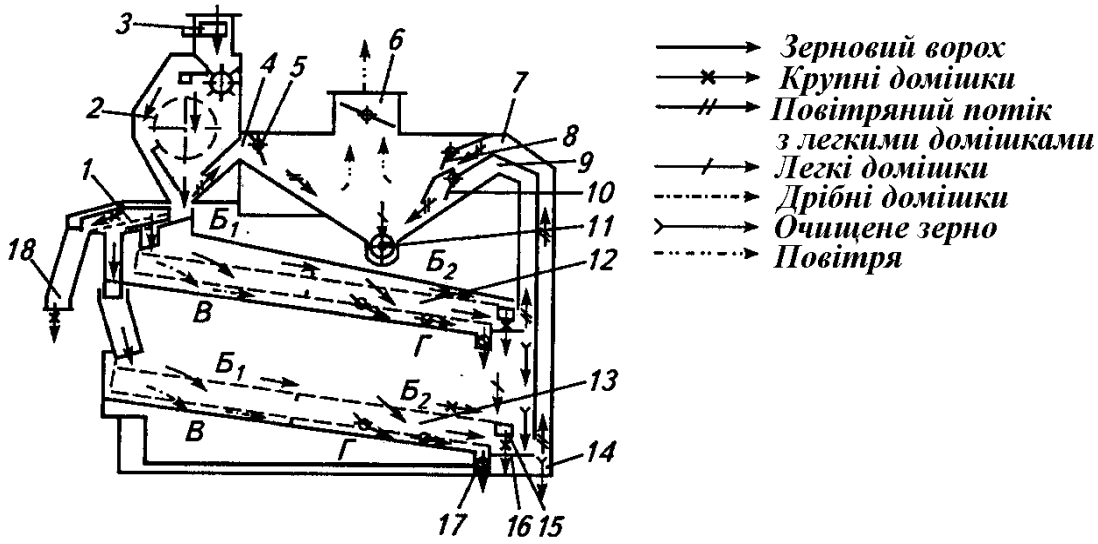


Рис. 1.27. Технологічна схема машини МПУ-70:

1 – решето для видалення крупних домішок; *2* – скальператор; *3* – приймальна камера; *4*, *7*, *9* – канали відповідно першої і другої аспірацій; *5*, *8*, *10* – заслінки для регулювання швидкості повітряного потоку в каналах відповідно першої і другої аспірацій; *6* – пристрій регулювання швидкості повітряного потоку; *11* – шнек виведення легких домішок; *12*, *13* – верхній і нижній решітні стани; *14* – вихід очищеного зерна; *15*, *18* – лотки виведення крупних домішок; *16* – лоток для сходу основної фракції; *17* – лоток виведення дрібних домішок

Осадова камера утворена металевим корпусом рами, у верхній частині якої розміщений пристрій *6* регулювання швидкості повітряного потоку. Всередині осадової камери збоку приймальної камери встановлена перегородка з заслінкою *5* для регулювання швидкості повітряного потоку в пневмоканалі першої аспірації. З протилежного боку камери також встановлені перегородки, які утворюють пневмоканали *7* і *9* другої аспірації з заслінками *8* і *10* для регулювання швидкостей повітряного потоку. Нижня частина камери закінчується у вигляді піраміди з прямокутним отвором і фланцем для з'єднання шнеку *11* виводу відходів.

Верхній решітній стан *12* складається з корпусу з боковинами. Боковини і поперечні деталі виготовлені з високоякісної вологостійкої

фанери, яка забезпечує тривалий термін експлуатації. До нижньої частини стану кріпиться поперечна металева балка з отворами для кріплення шатунів.

Нижній решітний стан *13* подібний до верхнього. До верхньої частини стану кріпиться поперечна металева балка з отворами для кріплення шатунів. Днища станів виготовлені з листової сталі. На боковинах станів з внутрішнього боку є направляючі, які утворюють щілини, в які вставляють касети з решетами і шариками. В передній частині до боковин кріплять кронштейни з різьбою і притискачі для фіксації решіт. До станів кріплять поперечні лотки *15* і *17* з листової сталі для виводу фракцій очищення з машини. Через лоток *16* насіння направляється до пневмоканалу другої аспірації машини.

При роботі машини вихідний матеріал, який підлягає очищенню, потрапляє в приймальну камеру *3*, де за допомогою клапану і живильного валику відбувається рівномірна безперервна подача його на скальператор *2*. Тут відділяються найбільш крупні домішки, які направляються на попереднє решето *1*, де крупні домішки, що залишилися, остаточно відділяються і направляються в лоток *18*. Зерновий ворох, який пройшов через циліндричне решето скальператора, піддається очищенню від легких домішок повітряним потоком першої аспіраційної системи.

Виділені легкі домішки осідають в осадовій камері і шнеком *11* виводяться з машини.

Та частина зернового вороху, що залишилася, розподільчим пристроєм ділиться на два рівних потоки і подається на верхній *12* і нижній *13* решітні стани, в яких встановлено по два яруси решіт. На верхньому ярусі решіт відділяються крупні домішки, які по лоткам *15* виводяться зі станів. Та частина зернового вороху, яка пройшла через верхній ярус решіт, поступає на нижній ярус, де виділяються проходом дрібні домішки, які поступають в лоток *17* і виводяться з машини. Очищене зерно іде сходом по нижньому ярусу решіт і подається в пневмосепаруючий канал другої аспірації, де повітряним потоком виділяються ті домішки, що залишилися.

Рекомендований набір решіт для обробки вороху різних культур приведено в табл. 1.22.

Машину МПУ-20 застосовують і для очищення кукурудзи. Машина МПУ-15 в порівнянні з МПУ-70 має повітряну систему з очищенням вороху тільки при подачі на решітний стан, один решітний стан і вбудовану систему очищення повітря без циклонів.

Таблиця 1.22

Набір решіт до машини МПУ-70

Культура	Розміри отворів решіт, мм			
	$Б_1$	$Б_2$	В	Г
Пшениця	Ø4…6 3…3,6	Ø5,0…7 3,6…5	Ø2,0…2,5 1,5…1,7	Ø2,5…3 1,7…2
Ячмінь	Ø4…5 3…3,6	Ø5…8 3,6…5	Ø2,5 1,7…2,0	Ø3 2…2,2
Кукурудза	Ø8,0…9	Ø6…10	Ø5…5,9	Ø6 4,0…5,0
Соняшник	Ø7…9	Ø8…10	1,7…2,2	3,2…3,6
Цукровий буряк	Ø5	Ø7…8	2,2…2,4	2,4…2,6

1.4. Універсальні зерноочисні машини

Стаціонарний очищувач зерна ОЗС-50 призначений для попереднього, первинного та вторинного очищення зернового вороху зернових, бобових, круп'яних та інших сільськогосподарських культур повітряним потоком і на решетах. Цю машину встановлюють у потокові технологічні лінії, зерноочисні агрегати ЗАВ і зерноочисно-сушильні комплекси КЗС. Основні показники очищувача зерна наведені в таблиці 1.23.

Таблиця 1.23

Технічна характеристика очисника зерна ОЗС-50

Показник	Значення показника
Продуктивність при очищенні, т/год: попередньої первинної вторинної	 50 25 10
Встановлена потужність, кВт	2,95
Число решіт	12
Кут нахилу решітних станів, град	6
Амплітуда коливань решітних станів, мм	7,5

Розмір решіт, мм	790×990
Число щіток в машині	36/48*
Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота	 3620 1950 2930
Маса, кг	1750

*Менше число щіток встановлюють при більшому ході щіткових рамок, а більше – при меншому.

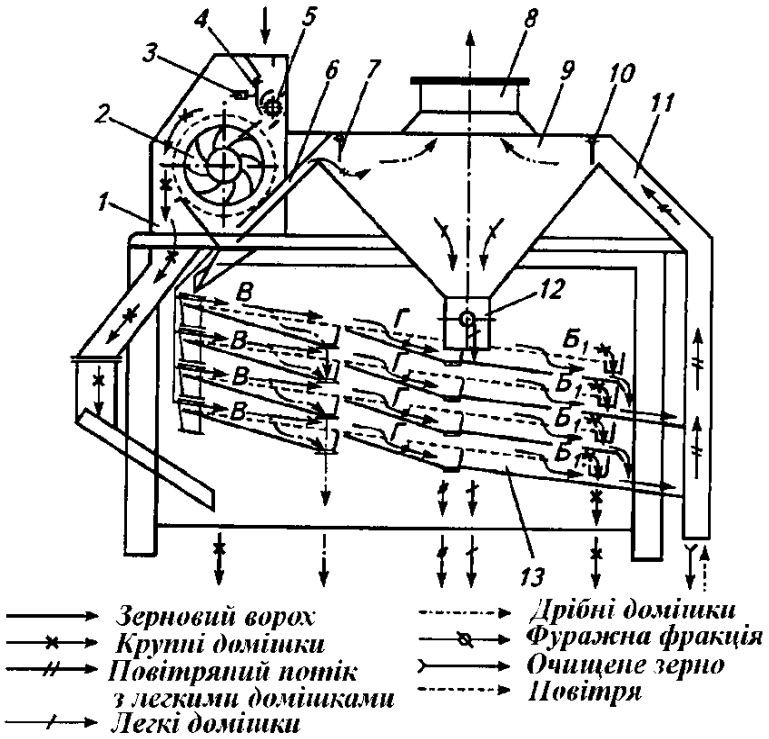


Рис. 1.28. Технологічна схема очисника ОЗС-50:

1 – корпус; *2* – скальператор; *3* – ваги; *4* – регульований клапан; *5* – живильний валик; *6*, *11* – пневмосепаруючі канали; *7*, *10* – регульовані клапани; *8* – патрубок; *9* – осадова камера; *12* – шнек; *13* – решітний стан

Очисник зерна ОЗС-50 включає в себе раму, приймальну камеру з сітчастим скальператором, пневмосистему з осадовою камерою і двома пневмосепаруючими каналами, чотири решітних стани, два механізми приводу решіт з ексцентриковими валами, щіткові механізми очищення решіт, механізми приводу робочих органів

машини. Приймальна камера складається з корпусу *1*, скальператорів*2*, вантажів *3*, клапана *4* і живильного валику *5*. Скальператор приводиться в обертання від мотор-редуктора потужністю 0,75 кВт. Пневмосепаруюча система включає в себе два пневмосепаруючих канали *6* і *11*, осадову камеру *9*, клапани *7* і *10* для регулювання швидкості повітряного потоку в пневмосепаруючих каналах, патрубок *8* для з'єднання з аспіраційною системою і шнек відходів *12*.

На машині встановлено чотири решітних стани з одноярусним розташуванням решіт. Кожен решітний стан *13* являє собою зварену конструкцію з листової сталі з трьома одноярусно розташованими підсівним В, сортувальним *Г* і колосовим *Б* решетами, рамок для притиску решіт, стяжок, щіткової рамки і лотків. Для заміни щіткових полотен необхідно поворотом ексцентрика опустити щіткову рамку, звільнити гайки на стяжках, підняти притискну рамку і вийняти решето. Потім встановити нове решето, піджати решітні і щіткові рамки.

При роботі очищувача зерновий ворох надходить по зернопроводув приймальну камеру на рифлений живильний валик *5*, який рівномірно розподіляє його по ширині камери і через регульований клапан *4* подається на обертовий скальператор *2*. Великі домішки, які не пройшли крізь сітчастий барабан, виводяться з машини, а зерновий матеріал, що пройшов через барабан, попередньо обробляється повітряним потоком в пневмосепаруючому каналі *6* і надходить на дільники потоку, які подають його рівномірно на чотири решітних стани. Виділені в пневмосепаруючому каналі *6* легкі домішки виносяться повітряним потоком і осідають в осадовій камері *9*. На решеті *В* решітних станів виділяються дрібні домішки (підсів), на решеті *Г* – дрібне, щупле і подрібнене зерно, на решеті *Б* – сходом великі засмічувачі, проходом – зерновий ворох. Прохід решіт *Б* надходить в пневмосепаруючий канал *11*, де повітряним потоком виділяються залишені легкі домішки, які виносяться в осадову камеру *9* і виводяться з машини шнеком *12*, а запилене повітря через вентилятор і циклон викидається в атмосферу.

Підготовку машини до роботи починають з встановлення подачі зернового вороху. Після цього регулюють швидкість повітряного

потоку в пневмосепаруючих каналах. Швидкість повітряного потоку повинна бути такою, щоб з зернового вороху виділялися тільки легкі домішки. Регулювання здійснюють зміною положення клапанів *7*,*10* і заслінки у вихідному патрубку *8*.

Якість поділу зернового вороху на решетах в значній мірі залежить від підбору решіт. Рекомендований орієнтовний набір решіт наведено в таблиці 1.24.

Таблиця 1.24

Набір решіт до машини ОЗС-50

Культура	Розміри отворів решіт, мм		
	В	Г	Б
Пшениця	Ø2	Ø3	Ø8
Ячмінь	Ø2,5	Ø2,8	Ø10
Просо	Ø2	1,7	2,4
Гречиха	Ø2,5	Ø3,6	Ø6,5
Горох	Ø2,8	Ø4	Ø8
Рис	Ø3	Ø3,6	Ø6,5
Соняшник	Ø3	Ø3,6	Ø10
Кукурудза	Ø5	Ø6,5	Ø10

Універсальний сепаратор вороху СВУ-60 призначений для попереднього, первинного та вторинного очищення зернового вороху різних культур повітряним потоком і на решетах. Його встановлюють в потокові технологічні лінії, зерноочисні агрегати ЗАВ і зерноочисно-сушильні комплекси КЗС. Основні показники сепаратора СВУ-60 наведені в таблиці 1.25.

Таблиця 1.25

Технічна характеристика сепаратораСВУ-60

Показник	Значення показника
Продуктивність при очищенні, т/год:	

попередньої первинної вторинної	60 40 20
Встановлена потужність, кВт	18,7
Число решіт	36
Розмір решіт, мм	990×478
Кут нахилу решіт, град	6
Амплітуда коливань решітних станів, мм	15
Частота коливань решітних станів, $хв^{-1}$	340; 360
Число шариків в чарунці	10…15
Розмір каналів аспірацій, мм: першої другої	 150×1400 140×1400
Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота	 3940 2310 3077
Маса з повним комплектом робочих органів і устаткувань, кг	4380

Сепаратор складається з рами *1* (рис. 1.29), чотирьох з'єднаних попарно решітних станів *2*, розподільчого пристрою *3*, двох аспіраційних систем *4* і *14*, пневмоколонки *21*.

Система *4* першої аспірації замкнутого типу включає в себе живильний пристрій з скидаючимбітером*5* і розподільчим шнеком *6*, пневмосепаруючий канал *7*, жалюзійну заслінку *8*, діаметральний вентилятор *9*, осадову камеру *10* з напрямними щитками *11* і шнек *12* з клапаном для виведення легких домішок з осадової камери.

Живильний пристрій призначений для прийому зернового вороху та його розподілу за шириною сепаратора. Він складається з приймального лотка, розподільчого шнека *6* з розташованим під ним регулювальним клапаном. Під шнеком розміщений скидальний бітер *5*. Аспіраційна система має знімний піддон для зручності очищення від пилу і легких домішок. Жалюзійну заслінку *8* і внутрішню порожнину аспіраційної камери очищають через вікна.

З аспіраційною системою з’єднаний розподільчий пристрій *3*, що складається з двох частин – верхньої і нижньої, кожна з яких розділена на два канали. Верхня частина розподільчого пристрою забезпечує подачу зернового вороху на два верхніх решітних стани, а нижня – на два нижніх.

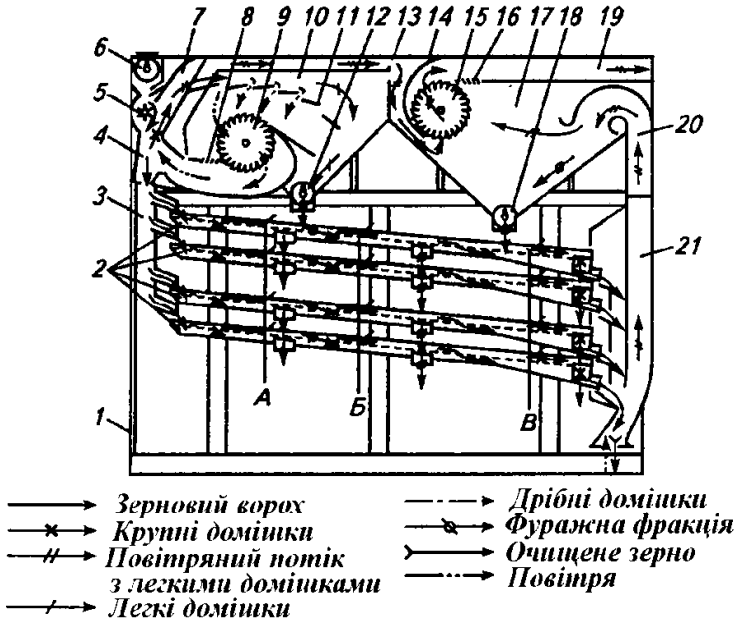


Рис. 1.29. Технологічна схема універсального сепаратора вороху СВУ-60:

1 – рама; *2* – решітні стани; *3* – дільників пристрій; *4*, *14* – аспіраційні системи; *5* – скидувальний бітер; *6* – розподільчий шнек;*7*, *20* – пневмосепаруючі канали; *8*, *16* – жалюзійні заслінки; *9*, *15* – діаметральні вентилятори; *10*, *17* – осадові камери; *11* – напрямлені щітки; *12*, *18* – шнеки; *13* – канал, що приймає залишки повітря з першої аспіраційної системи; *19* – вихідний патрубок; *21* – пневмоколонка

Система *14* другої аспірації розімкнутого типу, завдяки чому запилене повітря видаляється з машини. Ця система включає в себе канал *13*, що приймає надлишки повітря з першою аспіраційної системи, діаметральний вентилятор *15*, жалюзійну заслінку *16*, осадову камеру *17* зі шнеком *18*, вихідний патрубок *19*, пневмосепаруючий канал *20* з напрямним щитком. З другої

аспіраційної системою з'єднана пневмоколонка*21*, яка складається з двох частин. В пневмоколонці розміщені лотки для об'єднання зернових потоків з чотирьох решітних станів і подачі в пневмосепаруючий канал *20*. Пневмоколонка призначена для інтенсивної сепарації зернового вороху з метою додаткового виділення легких домішок, щуплого і дробленого зерна.

Решітні стани служать для очищення зернового вороху. Основу решітного стану становлять сталеві цільноштамповані боковини, з'єднані між собою поперечинами. В піддонах виконані лотки для виводу фракцій, отриманих при розділенні вороху. Між секціями решітного стану і в його кінці встановлені перегородки, які служать опорою і напрямною поверхнею для рамок решіт. У кожному решітному стані встановлено дев'ять решітних полотен по три в рамці.

Стани з'єднані між собою попарно кронштейнами, підвішені до рами на гнучких підвісках з пружинної сталі. У завантажувальній частині станів встановлені лотки для прийому зернового вороху.

Для очищення решіт застосований інерційний кульковий очищувач. При коливанні решітного стану кульки підстрибують і вдаряють по нижній поверхні решітного полотна, очищаючи його від застряглих в осередках зернівок та інших складових зернового вороху. Решітні стани і вентилятори приводяться в рух від двох електродвигунів, а шнеки виведення домішок з аспіраційних систем – від мотор-редуктора.

При роботі машини зерновий ворох подають в живильний пристрій, де шнек *6* рівномірно розподіляє вихідний матеріал по ширині приймальної камери сепаратора. Потім скидальний бітер *5* розганяє зерновий ворох і подає в пневмосепаруючий канал першої аспірації, де висхідний повітряний потік видаляє з нього легкі домішки і виносить в осадову камеру *10*. У цій камері вони осідають і шнеком *12* виводяться в вертикальний канал. Повітряний потік прямує в вентилятор для повторного використання. Надлишки запиленого повітря (близько 15%) надходять в камеру другої аспірації.

Очищений від легких домішок зерновий ворох живильним пристроєм *3* ділиться на чотири приблизно рівні частини. Пристрій забезпечує рівномірну подачу матеріалу на чотири решітних стана *2* з

одноярусним розташуванням послідовно підсівного *А*, сортувального *Б* і колосового *В* решіт. На підсівних решетах з зернового вороху виділяються дрібні домішки, які надходять в бункер відходів. Схід з підсівних решіт надходить на сортувальні решета, де з нього виділяється дрібне і щупле фуражне зерно і подається в бункер фуражного зерна. Частина зернового вороху сходить на колосові решета, де з нього виділяються великі домішки, які виводяться в бункер відходів.

Очищене зерно з чотирьох решітних станів одним потоком надходить в пневмоколонку *21*, де очищається висхідним повітряним потоком від решти легких домішок, щуплого і дробленого зерна.

Запилене повітря діаметральним вентилятором *15* виводиться з сепаратора в аспіраційну систему технологічної лінії.

Орієнтовний набір решіт для машини СВУ-60 наведено в таблиці 1.26.

Таблиця 1.26

Набір решіт до машини СВУ-60

Культура	Розміри отворів решіт, мм		
	А	Б	В
Пшениця	Ø2…2,5 1,7…2,2	Ø2,5…3 2…2,4	Ø4…7 3…4
Жито	Ø1,5…2,5 1,5…1,7	Ø2…2,5 1,7…2	Ø5…6,5 2,6…3,6
Ячмінь	Ø2,5 2…2,4	Ø3 2,2…2,6	Ø5…8 2,6…3,6
Овес	Ø2,5 1,7…2	 2…2,2	Ø6 2,6…3,6
Горох	Ø4…5 2,4…3,6	Ø5…6 4…4,5	Ø8…9 7
Соя	 4,5…5	 5	Ø8…10 6,5
Гречка	Ø2,5	Ø3,6…4	Ø5,5 3…4
Просо	Ø2	 1,5…1,7	Ø3…4 2…2,2

Кукурудза	Ø5 3…5	Ø6 4…5	Ø10 6
Соняшник	Ø3,6…4	2…3	Ø9…10 4,5…5
Рапс	Ø2,8…3	1…1,3	1,1…1,5
Рис	Ø2,5…3,2 2…2,2	Ø3,2…3,6 2,2…2,4	Ø5,5…6,5 2,8…3,6
Цукровий буряк	2…2,4	2,4…2,6	Ø8…10
Віко-вівсяна суміш	Ø2,5	3,6…5	6,5…8
Люцерна, конюшина	Ø1,3 0,5…0,6	0,8…0,9	Ø1.5…2 1,2…1,5
Льон	Ø2	Ø2,5 0,8…0,9	Ø3…4 1,1…1,2

Універсальні очисні машини «Петкус» призначені для попереднього, первинного та вторинного очищення і калібрування зернових (G), зернобобових (L) і дрібнонасіннєвих (F) культур, тобто в складі технологічних ліній можуть виконувати послідовно всі види очищення і займають невелику площу. Основні показники машин фірми «Петкус» наведено в таблиці 1.27. Ці машини складаються з пристрою живлення, повітряного очищення, верхнього і нижнього решітних станів.

Живильний пристрій *1* машини складається з коливальної заслінки з вантажем *2* і вальця *3*, профільованого або зі штифтами. Це пристрій рівномірно розподіляє матеріал по всій робочій ширині, незалежно від виду очищувального матеріалу та продуктивності машини. Валець зі штифтами встановлюють при очищенні малосипких матеріалів.

Таблиця 1.27

Технічні характеристики машин фірми «Петкус»

Показник	U40-	U60-	U80	U100-

	4G	6G		20GF
Продуктивність при очищенні, т/год:				
Пшениця				
попередньої	40	60	80	100
первинної	15	25	35	50
вторинної	4	6	12	20
Райграс				
попередньої	3	4	5	6
первинної	-	-	-	3
вторинної	-	-	2	2
Встановлена потужність (без вентилятора), кВт	1,1	1,47	2,17	2,42
Верхнє решето:				
число касет	1	2	3	3
число сегментів	1	4	4	5
кут нахилу, град	5	5	5	5
Середнє решето:				
число касет	-	2	2	2
число сегментів	-	4	4	5
кут нахилу, град	-	7	7	7
Нижнє решето:				
число касет	1	2	2	2
число сегментів	1	4	4	5
кут нахилу, град	5	7	7	7
Площа решіт, $м^2$:				
без додаткового	3,4	5,04	7,77	7,35
з додатковим	3,6	-	-	7,77
Габаритні розміри, мм:				
довжина	2325	2325	2940	2940
ширина	2350	2350	2730	2730
висота	2355	2355	3015	2810
Маса, кг	1700	1750	2300	2300

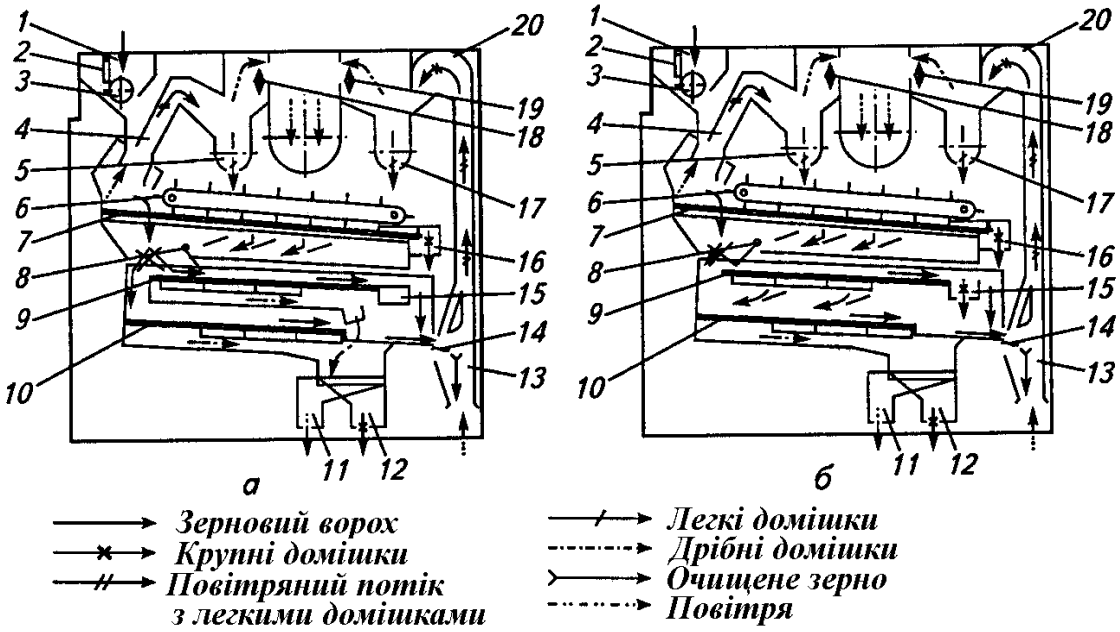


Рис. 1.30. Технологічна схема машини U100-20GF фірми «Петкус»:

а – варіант GL; *б* – варіант F: *1* – живильний пристрій; *2* – заслінка з вагою; *3* – валець; *4* – канал першої аспірації; *5*, *17* – розвантажувальні шнеки; *6* – скребковий транспортер-очисник; *7, 9, 10* – верхнє, середнє і нижнє решета; *8* – дільник потоку; *11, 12* – лотки виходу відповідно проходу і сходу з додаткового решета; *13* – схід з нижнього решета; *14* – заслінка-дозатор; *15, 16* – лотки виходу сходів відповідно з середнього і верхнього решіт; *18, 19* – клапани; *20* – канал другої аспірації

Повітряно-очисна частина машини включає в себе дві аспіраційні системи з осадовими камерами і проміжною камерою між ними, з'єднаної з вентилятором. Сепаруючий канал першої аспірації похилий, а канал *20* другоїаспірації вертикальний. Процес, який відбувається в каналі другої аспірації, можна спостерігати через оглядові вікна в задній стінці каналу. Швидкість повітряного потоку в пневмосепаруючих каналах *4* першої та *20* другоїаспірацій регулюють клапанами *18* і *19*. Клапаном забезпечують безступінчасте регулювання. В каналі першої аспірації виділяються легкі домішки (відходи), а в каналі другої аспірації – щуплі, подрібнені і біологічно неповноцінні зернівки (фуражна фракція).

Канал другої аспірації в зоні сепарації розділений на два канали, і в цій зоні встановлена заслінка-дозатор *14*, яка забезпечує оптимальну високоефективну сепарацію. Компоненти, що виділяються в каналах першої та другої аспірацій, осідають в осадових камерах і виводяться зовні шнеками *5*, *17*.

Верхній решітний стан включає три касети з секторами решіт для очищення зернового вороху від великих домішок. Решета верхнього стану очищаються кульками знизу і скребковими транспортерами-очисниками *6* зверху. Транспортер-очисник пригальмовує потік сипкого матеріалу, а при очищенні малосипкого матеріалу сприяє рівномірному переміщенню його по решітній поверхні.

Нижній решітний стан включає в себе два яруси решіт і додаткове решето. У кожному ярусі встановлено дві касети з секторами решіт. Машина U100-20GF може при необхідності працювати за варіантом F чи GL.

Варіант F характеризується трьома окремо діючими решітними площинами і використовується в першу чергу для очищення та калібрування дрібнонасіннєвих культур. При цьому решета верхнього стану стають розвантажувальними для верхнього ярусу решіт нижнього стану. Схід з решіт верхнього стану і верхнього ярусу нижнього стану виноситься з машини, а прохід потрапляє на нижній ярус решіт нижнього стану, де сходом виділяється більша частина вороху і подається в канал другої аспірації, а прохідна частина подається на додаткове решето. Додатковим решетом з вороху, що надійшов проходом виділяються дрібні засмічувачі.

Варіант GL використовують в основному при попередньому, первинному та вторинному очищенні зернових культур. При цьому на решетах верхнього стану виділяються сходом великі засмічувачі і виводяться з машини, а ворох, що залишився, подається на нижній стан. Заслінка дільника потоку *8* відкривається, і матеріал потрапляє на верхній і нижній яруси нижнього решітного стану для відділення дрібних зерен і домішок. Схід з решіт верхнього і нижнього ярусів надходить в канал другої аспірації, де виділяється решта засмічувачів і біологічно неповноцінне зерно. Прохід через решета верхнього і нижнього ярусів нижнього решітного стану надходить на додаткове решето, де з нього проходом виділяються дрібні засмічувачі, а сходом

– фуражна фракція. Для очищення решіт нижнього стану можуть бути встановлені гумові кульки, щітки, шкребки або ролики (по вибору замовника).

Мультифункціональні (М12 3.6/М15 3.6) і універсальні (U12 2.4/U15 2.4) очисники є сучасними повітряно-решітними сепараторами нового покоління модульної конструкції. Їх використовують для попереднього, первинного та вторинного очищення зернового вороху зернових, зернобобових, круп'яних та інших культур, для доведення насіння до високих стандартів якості. При дотриманні необхідних умов мультифункціональну систему можна застосовувати на очищенні (відлущуванні, калібруванні, сортуванні, просіюванні), а універсальні очисники – у переробній промисловості (на млинах, солодовні, при переробці олійних культур). Основні показники мультифункціональних і універсальних очисників наведені в таблиці 1.28.

Очисники складаються з приймального пристрою *1* (рис. 1.31) з профільованим прогумованим вальцем *2* і живильної заслінки *3*; повітряної системи з попереднім пневмосепаруючим каналом *4*, осадовими камерами *6* і *9* та проміжної камери *7*, головним пневмосепаратуючим каналом *10*, клапанами *5* і *8* для регулювання швидкості повітряного потоку; скребкового транспортера-очищувача *11*, решітних станів *12* і *13*.

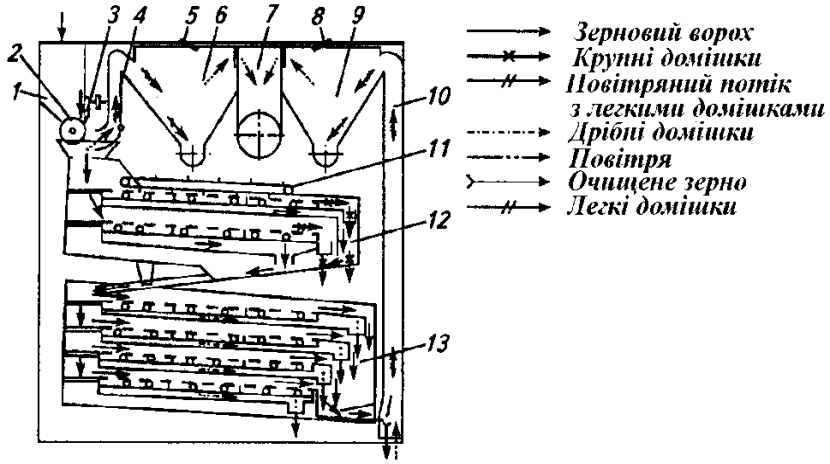


Рис. 1.31. Технологічна схема мультифункціональних очисників:

1 – приймальний пристрій; *2* – валець; *3* – живильна заслінка; *4* – канал попередньої пневмосепарації; *5, 8* – клапани для регулювання швидкості повітряного потоку; *6, 9* – осадові камери; *7* – проміжна камера; *10* – канал головної пневмосепарації; *11* – скебковий транспортер-очисник; *12, 13* – решітні стани

Очисники працюють таким чином. Зерновий ворох поступає в приймальний пристрій *1*, звідки він через зазор між прогумованим профільованим вальцем *2* і живильною заслінкою *3* (з вантажами) подається в канал попередньої пневмосепарації *4*, де висхідний повітряний потік виділяє легкі домішки і виносить їх в осадову камеру *6*, звідки домішки шнеком виносяться з машини.

Далі зерновий ворох надходить на верхній решітний стан *12*, який призначений в основному для відділення великих домішок. У верхньому решітному стані встановлено два яруси решіт по три решітних сегмента в кожному ярусі. Зерновий ворох, що подається на решітний стан, поділяється на дві частини, одна з яких подається на верхній, а друга – на нижній ярус решіт. На решетах зерно і дрібні домішки просипаються, а великі домішки сходять в лотки і виводяться з машини. Верхній ярус решіт за бажанням замовника може бути укомплектований спеціальною очисно-розподільчою системою, що складається з очисних кульок, розміщених під решітною поверхнею і скребкового транспортера-очищувача *11*, розташованого над решетами. Завдяки такому пристрою чарунки решіт не забиваються і контролюється швидкість руху матеріалу по поверхні решіт.

Таблиця 1.28

Технічні характеристики очисників

Показник	Очисники			
	мультифункціональні		універсальні	
	М12 3.6	М15 3.6	U12 2.4	U15 2.4
Продуктивність на пшениці, т/год при очищенні:				
попередньої	100	120	80	100
первинної	30	35	20	25
вторинної	20	25	10	15
Встановлена потужність приводу, кВт:				

вентилятора	11…15	15…18	11…15	15…18
решітних станів	4	5,5	4	4
механізму очищення	0,55			
верхнього решета				
живильного пристрою	0,55			
розвантажувальних шнеків	2×0,55			
Повітряне очищення:				
подача повітря при очищенні пшениці, $м^3$/год	9	12	9	12
робоча ширина, мм	1200	1500	1200	1500
Решітні стани:				
загальна площа решіт, $м^2$	15,12	18,9	6,72	8,40
число станів	2	2	2	2
число ярусів в стані:				
верхньому	2	2	2	2
нижньому	4	4	2	2
число решітних сегментів в ярусі	3	3	2	3
число решіт в сегменті	8	10	8	10
Габаритні розміри, мм:				
довжина	3665			
ширина	2000			
висота	3390			
Маса, кг	3450	3800	3000	3200

Частина зернового вороху, яка просипалася через решета верхнього решітного стану, по піддонам надходить на нижній решітний стан *13*, в якому встановлено чотири яруси решіт по три решітних сегмента в кожному ярусі. Всі решітні сегменти повністю взаємозамінні, змонтовані на подвійний решітний рамі з алюмінію і рамі для гумових кульок. Кут нахилу решіт можна регулювати.

Поданий на нижній решітний стан зерновий ворох розподіляється рівними частками на кожен з чотирьох ярусів решіт. Решітні стани приводяться в коливальний рух кривошипно-шатунним механізмом. За бажанням замовника на мультифункціональні очисники встановлюють конвертор для регулювання частоти коливання решітних станів. На решетах дрібні домішки просипаються на піддони

і по них сходять в лотки і виводяться з машини, а очищене зерно йде сходом по решетам і, об’єднуючись на виході в один потік, надходить в канал *10* головної пневмосепарації.

Повітряний потік виділяє з поданого в нього вороху недовідокремлені домішки, а також дрібні, щуплі і подрібнені зернівки і виносить їх в осадову камеру *9*, звідки вони шнеком виводяться з машини. Швидкість повітряного потоку в каналах попередньої і головної аспірацій регулюють за допомогою повітрозабірних клапанів *5* і *8*, розташованих над осадовими камерами, між якими встановлена проміжна камера, що з'єднується з окремим вентилятором або з центральною аспіраційною системою.

В універсальних очисниках U12 2.4/U15 2.4 на відміну від мультифункціональних в кожному ярусі решітних станів встановлено по два решітних сегмента. Крім цього, нижній решітний стан складається тільки з двох ярусів решіт. Між осадовими камерами повітряної системи немає проміжної камери.

1.5. Пневматичні сепаратори

Пневмосепаратор ПС-15 призначений для очищення насіння від важковідокремлюваних домішок, які відрізняються аеродинамічними властивостями. Його використовують в складі потокових ліній, встановлюючи на кінцевій операції технологічного процесу після повітряно-решітних і трієрних машин, а також автономно при наявності механізмів завантаження вихідної зернової суміші та відвантаження фракцій очищення. Основні показники пневмосепаратора вказані в таблиці 1.29.

Пневмосепаратор ПС-15 являє собою замкнуту повітряну систему, що містить приймально-завантажувальний пристрій, пневмосепаратуючий *2* (рис. 1.32), повітропідвідний*3* та повітровідвідний *12* канали, діаметральний вентилятор *11*, протиточний пиловідокремлювач *14*, осадову камеру *15*, шлюзові затвори *1* виводу очищеного зерна і домішок. Усі складові частини пневмосепаратора встановлені на рамі, що представляє собою зварену конструкцію.

Таблиця 1.29.

Технічна характеристика пневмосепаратора

Показник	Значення показника
Тип	Стаціонарний
Продуктивність при обробці пшениці, т/год: при вторинному очищенні при первинному очищенні	 30 8
Потужність електродвигуна, кВт: приводу вентилятора приводу мотор-редуктора	 5,5 1,1
Частота обертання колеса діаметрального вентилятора, хв$^{-1}$	770
Швидкість повітряного потоку в зоні сепарації, м/с	3…12
Розмір поперечного перерізу пневмосепаруючого каналу, мм	1400×180
Габаритні розміри в робочому положенні, мм: довжина	 2000
ширина	1900
висота	2700
Маса, кг	950

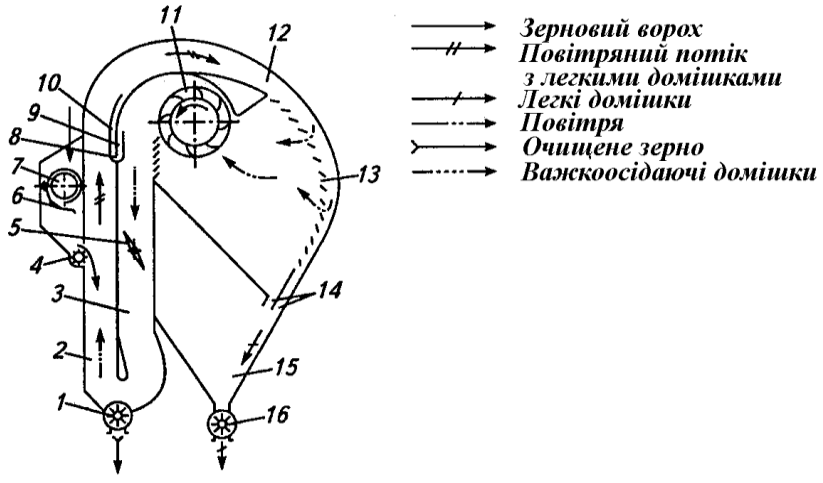


Рис. 1.32. Технологічна схема пневмосепаратора ПС-15:

1, *16* – шлюзові затвори; *2*, *3*, *12* – відповідно пневмосепаруючий, повітропідвідний і повітровідвідний канали; *4* – живильний валик; *5* – дросельна заслінка; *6* – клапан; *7* – шнек; *8* – перепускне вікно; *9* – вхідна ділянка каналу *10*; *10* – канал часткового відводу запиленого повітря; *11* – діаметральний вентилятор; *13* – жалюзійний відокремлював; *14* – протиточний пиловідокремлювач; *15* – осадова камера

Приймально-завантажувальний пристрій включає в себе розподільчий шнек *7* з підпружиненим клапаном *6* і живильний валик *4*, розміщений в середній частині пневмосепаруючого каналу *2*. Верхня частина каналу *2* за допомогою повітровідвідного каналу *12* сполучена з інерційним жалюзійним віддільником *13*, на виході якого встановлений проти точний пиловідокремлювач *14*. У нижній частині осадової камери *15* встановлено шлюзовий затвор *16* для виводу осаджених домішок.

Між пневмосепаруючим і повітропідвідним каналами розташований канал *10* для часткового відведення запиленого повітря, вхідна ділянка *9* якого розміщена у внутрішній поверхні кожуха вентилятора *11* в місці сполучення зі стінкою повітропідвідного каналу *3*. Канал *10* часткового відведення запиленого повітря сполучений з повітровідвідним каналом *12*. Для перетікання запиленого повітря з каналу *3* в канал *12* в суміжній стінці повітровідвідного і пневмосепаруючого каналів виконано вікно *8*. Повітропідвідний канал *3* забезпечений дросельною заслінкою *5*. Для стабілізації повітряного потоку канали *2* і *3* розділені по ширині двома перегородками на три частини.

Робочі органи пневмосепаратора приводяться в дію від двох електродвигунів, якими управляють з пульта управління технологічної лінії або зі спеціального щита у разі автономної роботи.

Технологічний процес роботи пневмосепаратора здійснюється наступним чином. Зернову суміш по зернопроводам технологічної лінії і транспортером при автономному використанні подають в приймально-завантажувальний пристрій. Шнеком *7* вона розрівнюється по ширині машини і живильним валиком *4* викидається в пневмосепаруючий канал *2*. Висхідний повітряний потік, створюваний діаметральним вентилятором *11*, продуває зернову

суміш і виносить частинки домішок, що мають швидкість витання менше, ніж насіння основної культури, по повітровідвідному каналу *12* в інерційний жалюзійний відокремлював *13*. Тут більш крупні частки домішок, рухаючись по криволінійному жалюзійному відокремлювачу*13*, під дією відцентрової сили відкидаються до стінки каналу, ковзають вздовж неї і потрапляють в нижню частину осадової камери *15*. Дрібні частки домішок (переважно пил) відбиваються від пластин жалюзійної решітки, надходять в проти точний пиловідокремлювач *14*, а потім в осадову камеру *15*. Осілі домішки шлюзовим затвором *16* виводяться зовні. Очищене повітря з жалюзійного *13* і протиточного *14* відокремлювачів всмоктується діаметральним вентилятором *11*. Лопатки колеса вентилятора двічі впливають на повітряний потік і відкидають дрібні частки пилу, що містяться в ньому, до внутрішньої поверхні кожуха, які потрапляють до вхідної ділянки *9*, а потім через вікно *8* по каналам *10* і *12* знову потрапляють в інерційний протиточний пиловловлювач.

Очищене зерно з пневмосепаруючого каналу *2* шлюзовим затвором *1* виводиться з машини і направляється в бункер чистого зерна технологічної лінії.

Якість роботи пневмосепаратора залежить від налаштування робочих органів в залежності від виду культури, яка обробляється і вмісту в ній засмічувачів.

Подачу зернової суміші в пневмосепаратор регулюють заслінкою норії, яка визначає пропускну здатність технологічної лінії, або заслінкою бункера-живильника.

Рівномірність розподілу зернової суміші по ширині машини регулюють, змінюючи посилення підтискання клапана *6* до розподільчого шнеку *7* за допомогою торсіону, закріпленого на осі клапана. Для цього на машині передбачена тяга з гвинтовим механізмом, обладнана маховичком. Контролюють рівномірність розподілу суміші візуально через спеціальне вікно, виконане на приймально-завантажувальному пристрої і закрите відкидною кришкою. Якщо зерновий потік інтенсивніше зі сторони завантаження, то зусилля підтискання клапана збільшують, і навпаки, зменшують, якщо зернова суміш більше зосереджена у протилежній стороні.

Якщо підтисканням клапана не вдається досягти рівномірного розподілення зернової суміші по ширині машини, то необхідно оглянути його робочу поверхню і порожнину кожуха шнека. Клапан повинен утворювати рівномірний зазор з кромкою кожуха шнека, в якому не повинно бути сторонніх предметів.

Швидкість повітря в пневмосепаруючому каналі встановлюють після регулювання подачі і рівномірності розподілу зернової суміші по ширині пневмосепаратора. Швидкість повітря регулюють по допустимому значенню втрат чистого зерна у відходи (3% при нормальних умовах роботи) за допомогою дросельної заслінки *5* в повітропідвідному каналі *3*. В залежності від кількості і складу домішок у вихідній суміші, а також від кінцевої чистоти матеріалу швидкість повітря може бути більше рекомендованої. При цьому фракцію відходів доцільно використовувати на фуражні цілі.

Якість роботи пневмосепаратора залежить також від дотримання кінематичних режимів роботи живильного валика і діаметрального вентилятора, які приводяться ланцюговою і пасовою передачею. Для натягу пасу приводу вентилятора переміщують електродвигун. Прогин паса від зусилля 30 Н повинен складати 12 мм.

Відцентрово-пневматичний сепаратор ЗАВ-40.02.000 призначений для вторинного очищення насіннєвого матеріалу, що пройшов первинне очищення на повітряно-решітних машинах, перед надходженням його у трієрні блоки.

Технічна характеристика сепаратора наведена в таблиці 1.30.

Таблиця 1.30

Технічна характеристика сепаратора ЗАВ-40.02.000

Показник	Значення показника
Продуктивність на очищенні зерна пшениці, т/год.	20
Діаметр сітчастого барабану, мм	320
Ширина робочої частини барабану, мм	900
Частота обертання барабану, $хв^{-1}$	162
Встановлена потужність, кВт	6,6
Габаритні розміри, мм: довжина	 2555

ширина	1452
висота	1152
Маса, кг	450

Основні складальні одиниці машини: пристрій подачі *4* (рис. 1.33), сітчастий барабан *3*, дільник *2*, стабілізатор і вентилятор *7*. У центрі корпусу встановлений сітчастий барабан *3*, у верхній частини – механізм подачі *4* і скатна дошка *5*, в нижній частині передбачені виходи очищеного матеріалу I і проміжної фракції *II* з дільником *2*. У виході *III* фуражних відходів встановлений вивантажний шнек *9*. Вентилятор *7* з'єднаний з корпусом повітропроводом, в якому знаходиться регулювальна заслінка *8*. У корпусі над повітропроводом встановлена заслінка *6* стабілізатора.

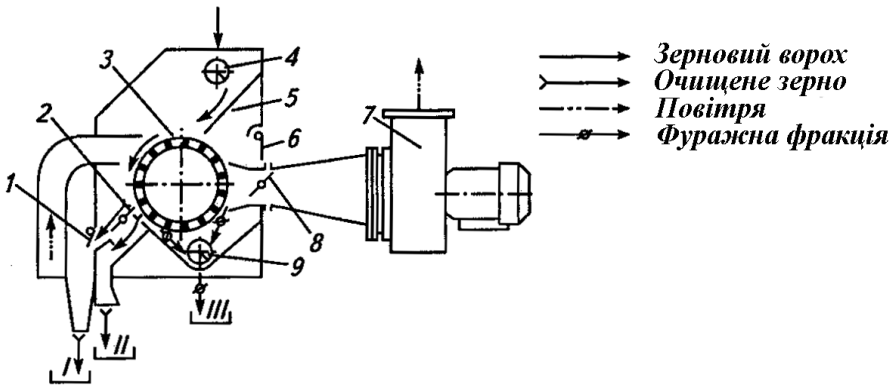


Рис. 1.33. Технологічна схема сепаратора ЗАВ-40.02.000:

1 – заслінка; *2* – дільник; *3* – сітчастий барабан; *4* – пристрій подачі; *5* – скатна дошка; *6* – заслінка стабілізатора; *7* – вентилятор; *8* – регульована заслінка; *9* – вивантажний шнек; *I*, *II*, *III* – виходи фракцій

Поділ часток відбувається під дією двох переважних сил: відцентрової від обертання барабана і аеродинамічною, яка притискає частку до барабана. Матеріал розділяється на дві або три фракції. Чистоту матеріалу регулюють положенням дільника *2*, швидкістю повітряного потоку, подачею матеріалу. При необхідності обробки всього насіннєвого матеріалу в трієрах вихід *1* перекривають заслінкою *1*.

1.6. Зерноочисні ситові і повітряно-ситові сепаратори

Повітряно-решітні машини серії МВО (МВО-20Д з пневмосистемою замкнутого типу, МВО-10 – замкнуто-розімкнутого і МВО-7 – розімкнутого типу) призначені для вторинного очищення (сортування) насіння зернових, бобових, круп'яних і інших культур. Ці машини можна застосовувати і для обробки продовольчого зерна. Їх встановлюють в потокові насіннєво-очисні лінії, зерноочисні агрегати ЗАВ і зерноочисно-сушильні комплекси КЗС. Основні показники машин наведені в таблиці 1.31.

Таблиця 1.31

Технічні характеристики машин серії МВО

Показник	МВО-20	МВО-10	МВО-7
Продуктивність при очищенні пшениці, т/год	20	10	7
Діаметр колеса діаметрального вентилятора, мм	400	300	300
Частота обертання колеса вентилятора, $хв^{-1}$	675	875	870
Розміри поперечного перерізу пневмосепаруючих каналів, мм	180×1400	140×900	125×900
Діаметр живильного валику, мм	90	70	70
Частота обертання живильного валика, $хв^{-1}$	125	200	200
Розмір решіт, мм	990×740	790×990	790×990
Число решіт в машині	16	8	4
Амплітуда коливання решітних станів, мм	7,5	7,5	7,5
Частота коливання станів, Гц	7	8,1	7
Кут нахилу решіт, град	6	6	6
Встановлена потужність, кВт	9,7	6,2	5,2

Габаритні розміри, мм: довжина	4300	3500	3450
ширина	2300	2000	1800
висота	3000	2800	2500
Маса, кг	2600	1600	1100

Машини серії МВО складаються з приймальної камери, пневмосистеми, двох решітних станів (у машини МВО-7 один решітний стан) і пиловловлювача. Принцип роботи машин приблизно однаковий.

Технологічна схема машини МВО-20Д показана на рис. 1.34.

Приймальна камера з живильним пристроєм включає в себе приймальний лоток, розподільний шнек *6*, саморухомий клапан і восьмилопатевий живильний валик *4*.

Пневмосистема замкнутого типу забезпечена двома пневмосепаруючими каналами *3* і *20* (в них зерновий ворох обробляється до і після решітного очищення), двома осадовими камерами *8* і *11* із загальною суміжної стінкою *22* і одним діаметральним вентилятором *9*.

Особливістю конструкції замкнутої пневмосистеми є те, що з метою зниження витрати енергії всмоктуючий патрубок вентилятора 9 безпосередньо з'єднаний з осадовими камерами *8* і *11*, а його вихідний патрубок – з повітропідвідним каналом *5* і пиловловлювачем *15*. При цьому всмоктувальне вікно вентилятора розділене перегородкою на два канали. Перегородка одночасно є суміжною стінкою *22* осадових камер.

Оскільки пневмосистема замкнута, запиленість повітря в зоні обслуговування машини знижена, але в той же час травмовані зернівки насичуються пилом, що погіршує їх якість.

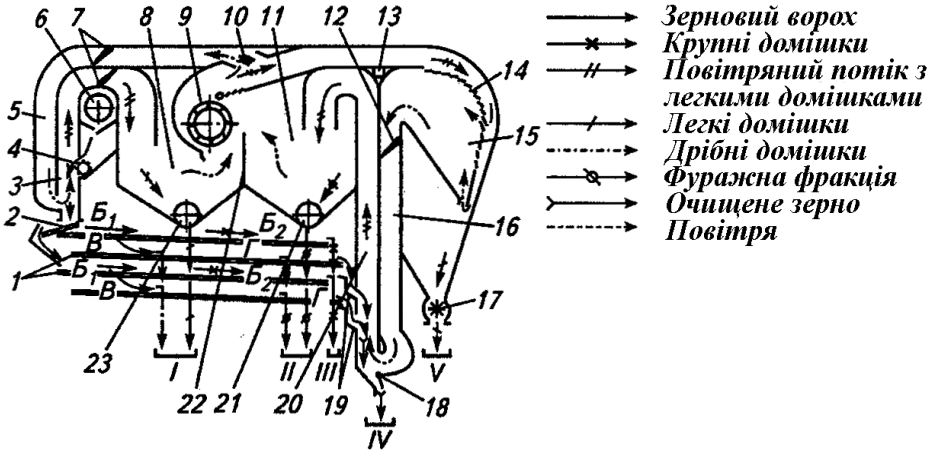


Рис. 1.34. Технологічна схема машини МВО-20Д:

1 – решітні стани; *2* – дільник; *3*, *20* – відповідно перший і другий пневмосепаруючі канали; *4* – живильний валик; *5*, *16* – повітропідвідні канали; *6*, *21*, *23* – шнеки; *7*, *12* – регулювальні заслінки; *8*, *11* – відповідна перша і друга осадові камери; *9* – діаметральний вентилятор; *10* і *14* – жалюзійні решітки; *13* – вікно для відводу очищеного повітря; *15* – пилоуловлювач; *17* – шлюзовий затвор; *18* – пристрій виводу очищеного зерна; *19* – пристрій подвійного введення зерна; *22* – суміжна стінка; *I*...*V* – виходи фракцій

В пневмосистемі встановлені регулювальні заслінки *7* і *12*, а також вікно *13* для часткового відведення очищеного повітря.

Решітні стани *1* працюють паралельно і коливаються в протилежні сторони, завдяки чому врівноважуються інерційні сили, що виникають при їх роботі. Коливання решітних станів здійснюється від одного ексцентрикового валу. Кожен решітний стан складається з восьми плоских решіт з круглими або довгастими отворами, встановленими в два яруси.

Циркулююче в пневмосистемі повітря очищається в інерційному відцентровому пиловловлювачі *15*, що включає в себе робочий канал з жалюзійною решіткою і осадову камеру з шлюзовим затвором. Перевага такого пиловловлювача – плоско-паралельний рух повітря по всій ширині пневмосистеми, що обумовлює зниження енерговитрат на очищення повітря.

При роботі машини зерновий ворох по зернопроводу потрапляє в приймальну частина живильного пристрою, звідки шнеком *6* розподіляється по ширині пневмосистеми і живильним валиком *4* подається в перший пневмосепаруючий канал *3*. Повітряним потоком, що надходить по каналу *5*, із зернової суміші видаляються легкі домішки (полова, частки соломи, насіння бур'янів, щупле зерно основної культури, мінеральний і органічний пил) і переносяться в осадову камеру *8*, де основна їх частина осідає і шнеком *23* виводиться з пневмосистеми.

Після очищення у першому пневмосепаруючому каналі ворох розподіляється дільником *2* на два потоки і потрапляє на решітні стани *1*. Решето $Б_1$ділить зерновий ворох, що потрапляє, на дві приблизно рівні частини. Прохід через решето $Б_1$ надходить на решето *В*, а сход йде на решето $Б_2$ і на ньому розділяється. Крупні домішки виводяться за межі машини, а очищене зерно потрапляє на решето *Г*. При такому поділі більш рівномірно завантажуються підсівне *В* і сортувальне *Г* решета. Далі зерно з решета *Г* сходом йде у другій пневмосепаруючий канал *20*, де обробляється потоком повітря з більш високими швидкостями в порівнянні з першим каналом. Тут з очищеного матеріалу виділяються залишені легкі домішки, подрібнене, дрібне, щупле зерно основної культури і насіння інших рослин, які потім осідають в осадовій камері *11* і шнеком *21* виводяться з машини. Очищене зерно видаляється з машини через пристрій *18*.

Повітряний потік з частиною легких домішок, які не осадились в камерах *8* і *11*, нагнітається вентилятором *9* в пиловловлювач *15*. Частина повітря проходить через жалюзійну решітку *10* і по повітропідвідному каналу *5* в перший пневмосепаруючий канал *3*. Решта повітря рухається вздовж криволінійної жалюзійної решітки *14* пиловловлювача *15*. В пиловловлювачі під дією сил інерції найбільш крупні частки притискаються до зовнішньої стінки криволінійного каналу і потоком повітря переміщуються вздовж неї в пило-осадову камеру. Частина повітря при русі в криволінійному каналі проходить між пластинами жалюзійної решітки *14* і направляється в повітропідвідний канал *16*, а частинки пилу і легких домішок під дією сил інерції переміщуються вздовж решітки в осадову камеру, звідки

шлюзовим затвором *17* виводяться з пиловловлювача. З каналу *3* основний потік очищеного повітря надходить у другій пневмосепаруючий канал *20*, а незначна частина (5…10%) повітря з метою організованого видалення відводиться через вікно *13* в атмосферу.

Легкі домішки, виведені з осадової камери *8*, об'єднуються з підсівом решета *В* і складають фракцію відходів. Домішки з осадової камери *11* і прохід через решето *Г* утворюють фуражну фракцію. Швидкість повітря в каналі *3* регулюють регульованими заслінками *7*, а в каналі *20* – заслінкою *12*.

У машині МВО-10 застосована пневмосистема замкнуто-розімкнутого типу. Її особливістю є те, що в першому пневмосепаруючому каналі повітря рухається по замкнутому контуру, а в другому – засмоктується з атмосфери.

У машині МВО-7 в обох пневмосепаруючих каналах повітря засмоктується з атмосфери, а відпрацьоване повітря виводиться з машини.

Повітряно-решітних машина СВУ-5Б призначена для вторинного очищення і сортування насіння пшениці, жита, ячменю і інших культур. Машину встановлюють в різних насіннєво-очисних лініях. Основні показники машини СВУ-5Б вказані в таблиці 1.32.

Таблиця 1.32

Технічні характеристики машини СВУ-5Б

Показник	Значення показника
Продуктивність при очищенні пшениці, т/год	6
Встановлена потужність, кВт	1,5
Кут нахилу решіт, град	5
Число решітних станів	2
Амплітуда коливання станів, мм	7,5
Частота коливання станів, $хв^{-1}$	417; 467
Розмір решіт, мм	990×790
Габаритні розміри, мм: довжина	2540

ширина	1830
висота	2340
Маса, кг	865

Складальні одиниці машини – приймальна *6* (рис. 1.35) і осадова *9* камери, пневмоканали першої *2* і другої *11* аспірацій, решета *1* з механізмом їх очищення й приводні механізми змонтовані на зварній рами.

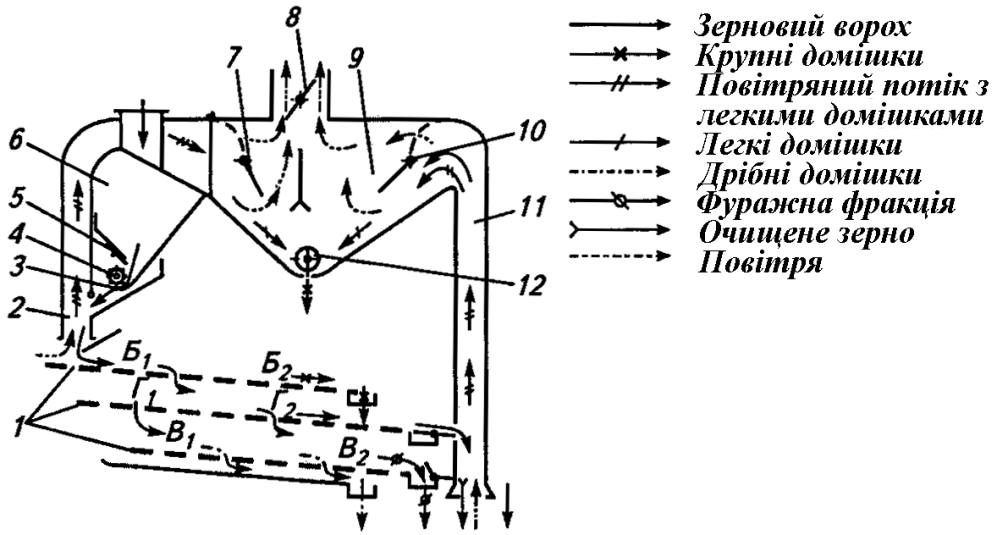


Рис. 1.35. Технологічна схема машини СВУ-5Б:

1 – решета; *2*, *11* – пневмоканали першої і другої аспірацій; *3* – підпружинений клапан; *4* – живильний валик; *5* – заслінка; *6* і *9* – приймальна і осадочна камери; *7*, *8*, *10* – клапани регулювання повітряного потоку; *12* – шнек

Приймальна камера *6* виконана у вигляді бункера з завантажувальним патрубком і живильним валиком *4*. Внутрішні перегородки камери утворюють пневмоканал першої аспірації *2*. Під живильним валиком *4* встановлено підпружинений клапан *3*, над живильним валиком – заслінка *5*, якою регулюють подачу матеріалу на валик. Положення заслінки змінюють рукояткою, яка виведена на бічну стінку приймальної камери. Канал першої аспірації *2* за

допомогою фланців з'єднують з осадової камерою *9* при складанні машини.

Осадова камера *9* являє собою зварний корпус, зверху якого встановлено всмоктуючий патрубок з клапаном *8* грубого регулювання повітряних потоків в пневмоканалах. Всередині камери є дві напрямні жалюзійні перегородки, під якими закріплені клапани *7* і *10* точкою регулювання швидкості повітряного потоку в каналах відповідно першої *2* і другої *11* аспірацій. У нижній частині відстійної камери встановлений шнек *12* для виводу осаджених продуктів повітряної очистки.

Решітне очищення включає в себе два решітних стани. Верхній стан складається з чотирьох решіт – по два в кожному ярусі, нижній стан – з двох решіт. Перед установкою в машину решітні полотна вставляють в касети, які потім вводять в напрямні станів і кріплять спеціальними ексцентриковими затискачами.

Стани підвішують до рами на вертикальних дерев'яних підвісках. Кожен решітний стан приводиться в коливання ексцентриковим валом з шатунами. Коливаються вони в протилежні сторони, завдяки чому врівноважуються інерційні сили, що виникають при роботі машини. Частоту коливань решітних станів встановлюють залежно від культури, яка обробляється. Так, для очищення і сортування насіння трав, проса, льону частота коливань решітних станів повинна бути менше – 417 хв$^{-1}$, а для обробки зернових, зернобобових та олійних культур – 467 хв$^{-1}$. Частота коливань станів залежить від положення клинового ременя передачі вал двигуна – ексцентриковий вал. На кожному з цих валів встановлені струмкові шківи.

Для очищення решіт кожного ярусу під ними за допомогою кронштейнів закріплені шість щіток. Кронштейни з щітками кріплять на поздовжніх трубах, з'єднаних з поперечною колінчатою віссю. На кінцях осі розташовані капронові повзуни, що ковзають по напрямних, жорстко закріпленим на боковинах станів. При повороті колін осі щітки підтискаються до решіт.

Щітки наводяться в зворотно-поступальний рух шатунами, зв'язаними з важелями приводу щіток. Вал привода щіток встановлений в двох підшипниках, закріплених на рамі машини.

Робочі органи машини приводяться в рух від електродвигуна, встановленого під нижнім станом. Натяг паса регулюють спеціальним пристроєм.

Очищення і сортування насіннєвого матеріалу на машині проходять наступним чином. Матеріал, що підлягає очищенню, завантажувальним пристроєм подається в приймальну камеру *6*, звідки він живильним валиком *4* направляється в канал першої аспірації *2*, де із загальної маси виділяються легкі домішки, щупле, легке насіння основної культури, що піднімаються повітряним потоком в осадову камеру *9* і виводяться з неї шнеком *12*. Пил і найбільш легкі домішки несуться через всмоктуючий патрубок і далі через вентилятор в циклон для подальшого очищення. З циклону осаджені в ньому домішки по трубопроводах направляються у відповідні ємності насіннєочисної лінії (агрегату).

Вентилятор з циклоном можна встановлювати поза приміщенням. Це зменшує рівень шуму і концентрацію пилу в приміщенні.

З каналу першої аспірації матеріал надходить на решето $Б_1$, на якому вся зернова суміш ділиться на дві приблизно рівні частини. Кожна з цих частин обробляється на решетах окремо. Схід з решета $Б_1$ обробляється на решеті $Б_2$, прохід через решето $Б_1$ – на сортувальних $Г_1$, $Г_2$ і підсівних $В_1$, $В_2$ решетах.

На решеті $Б_2$ виділяються крупні домішки, які виводяться з машини разом з відходами повітряного очищення. Прохід через решето $Б_2$ являє собою зерно, остаточно очищене на решеті. Прохід через решето $Б_1$ потрапляє на сортувальні решета $Г_1$ і $Г_2$, де з нього виділяються дрібне зерно і дрібні домішки. Прохід через решета $Г_1$ і $Г_2$ надходить на підсівні решета $В_1$ і $В_2$. Схід з решіт $В_1$ і $В_2$ представляє собою очищене зерно другого сорту. Проходом через решета $В_1$і $В_2$ виділяються дрібні домішки, які по лотку виводяться з машини.

Для подальшого очищення схід з решета $Г_2$ і прохід через решето $Б_2$ з'єднуються і прямують в канал другої аспірації, де виділяються легкі домішки, що залишилися, а також щупле, легке і бите зерно. Виділені домішки піднімаються повітряним потоком в осадову камеру, а очищене зерно потрапляє в приймач.

В залежності від положення перекидних заслінок в кінці решітних станів машина може працювати за трьома схемами (рис. 1.37). Схема *I* – основна.

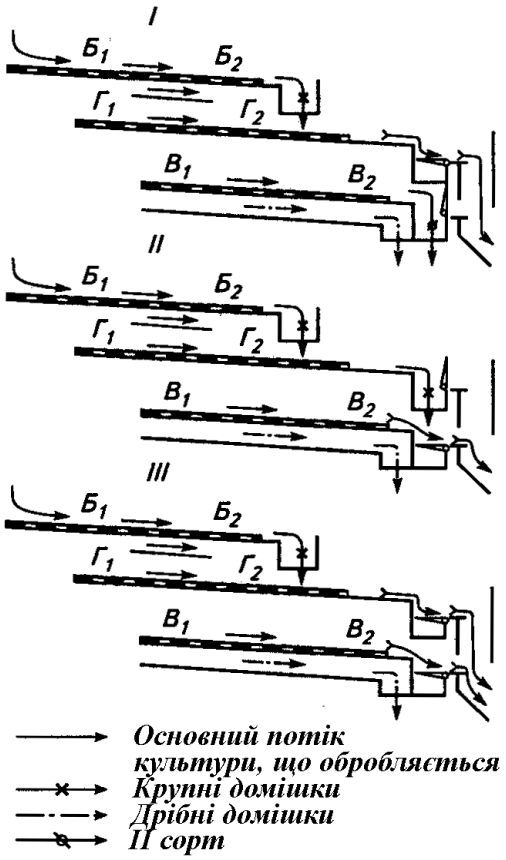


Рис. 1.36. Схеми роботи решіт машини СВУ-5Б

Схема *II* відрізняється від основної тим, що схід з решіт $Г_1$ і $Г_2$ виводиться на сторону, а схід з решіт $В_1$ і $В_2$ направляється в канал другої аспірації для подальшого очищення. За такою схемою обробляють насіння кукурудзи, цукрових буряків, льону і деяких інших культур.

Схема *III* передбачає можливість введення матеріалу в канал другої аспірації, що йде сходом з решіт $Г_1$ і $Г_2$, $В_1$ і $В_2$ одночасно. Цим досягається збільшення продуктивності машини при обробці продовольчого зерна.

Подача вихідного матеріалу на решітне очищення залежить від зазору між клапаном *3* (див. рис. 1.35) і живильним валиком *4*.

При обробці зернових культур заслінку *5* рекомендується повністю відкрити, при обробці дрібнонасіннєвих культур – встановити в залежності від плинності насіння та оптимальної продуктивності. Положення заслінки регулюють рукояткою, яка виведена на бічну стінку приймальної камери.

Після установки необхідної подачі матеріалу необхідно відрегулювати повітряне очищення. Швидкість повітряного потоку в каналі першої аспірації повинна бути такою, щоб з матеріалу виділявся пил, частина соломи, полови, легкі бур'яни тощо, а в каналі другої аспірації – легке і щупле насіння основної культури, а також сторонні легкі домішки. Швидкість повітря в каналах регулюють трьома клапанами. Клапан *7* каналу першої аспірації встановлюють на третій-четвертий поділ і повністю відкривають клапан *10* каналу другої аспірації. При такому положенні клапанів повертають клапан *8* всмоктуючого патрубка. Якість роботи повітряного очищення оцінюють за складом виходу з осадової камери і по очищеному матеріалу. Швидкість повітряного потоку слід збільшити, якщо в очищеному матеріалі залишаються легкі домішки, і зменшити, якщо разом з легкими домішками і щуплим насінням виділяється повноцінне насіння, але так, щоб в очищеному насінні не залишалося легких домішок. Роботу кожної аспірації контролюють за допомогою пробовідбірників, встановлених на похилих стінках осадової камери. Для взяття проби відкривають заслінку пробовідбірників на 1…2 хв., потім закривають її і знімають ковпачок з пробою.

Потім слід підібрати і встановити в машину решета відповідно до таблиці 1.33. Правильний підбір решіт впливає на якість очищення зерна. При цьому необхідно врахувати наступне:

решето $Б_1$ повинно ділити насіннєвий матеріал, що надходить на нього, на дві приблизно рівні частини;

решето $Б_2$ має пропускати все насіння і видаляти з нього великі домішки;

сортувальні решета $Г_1$ і $Г_2$ повинні пропускати дрібні, щуплі і подрібнені зернівки основної культури;

решета $В_1$ і $В_2$ повинні виділяти дрібні засмічувачі, не пропускаючи дрібне насіння основної культури.

Щітки для очищення решіт повинні щільно прилягати до них по всій ширині. По мірі зносу їх необхідно підтягувати, повертаючи колінчату вісь.

Зерноочисна машина МВУ-1500 призначена для вторинного очищення і сортування насіння зернових, зернобобових, круп'яних та інших культур повітряним потоком і на решетах. Вихідний матеріал повинен пройти первинне очищення. Машину встановлюють в різних потокових насіннєво-очисних лініях. Її основні показники наведені в таблиці 1.34.

Таблиця 1.33

Набір решіт до машини СВУ-5Б

Культура	Розміри отворів решіт, мм					
	$Б_1$	$Б_2$	$В_1$	$В_2$	$Г_1$	$Г_2$
Пшениця	2,2…3	3…4	1,7…2	2…2,6	2…2,2	2…2,2
Жито	2,2…2,6	3…3,6	1,5…2	Ø2…2,5	1,7…2	1,7…2
Ячмінь	2,4…3	3,6…4,	2	Ø2,5	2,2…2,	2,2…2,
Овес	2,2…2,6	5	1,7…2,5	Ø2,5	4	4
Просо	1,7…2	2,6…3,	1,5	Ø2	1,7…2	1,7…2
Гречиха	2,4…2,6	6	Ø2…2,5	-	1,7	1,7
	Ø4…5	2…2,2	-	Ø2,5…3,	-	-
Горох	Ø5…6,5	3…4	Ø3,6…4	6	Ø3,6	Ø3,6
Кукурудз	Ø8	Ø5…6,	Ø5	4…4,5	Ø3,6…	Ø3,6…
а		5		Ø6,5	5	5
(зерно)	Ø5	Ø8…9	2,2…2,4		3,6	3,6
Буряк	Ø6,5…8	Ø9	Ø6,5	2,4…2,6		
Боби	8		4,5	Ø6,5	2,2…2,	2,2…2,
кормові	2,4…2,6	Ø8	2	5,5	4	4
	Ø5…5,5	Ø9…1	Ø2,5	2	Ø5	Ø5
Рис		2		Ø2,5	5…6,5	5…6,5
		10			2,2…3,	2,2…3,
		2,6…3			2	2
		Ø5…5,			Ø3,6	Ø3,6
		5				

Таблиця 1.34

Технічна характеристика машини МВУ-1500

Показник	Значення показника
Продуктивність на очищення насіння, т/год: пшениці соняшнику	 10 5
Встановлена потужність, кВт	2,2
Кут нахилу решіт, град	6
Число решітних станів	2
Амплітуда коливання станів, мм	15
Число решіт в машині	24
Розмір решіт, мм: стандартних коротких	 990×740 420×740
Частота обертання ексцентрикового валу, $хв^{-1}$	304
Габаритні розміри, мм: довжина	 3470
ширина	2160
висота	3105
Маса, кг	2300

Машина складається з приймальної камери з живильним валиком *3* (рис. 1.37), клапаном *4* і каналом *2* першої аспірації, клапанів грубого *7* і точного *6* і *8* регулювань повітряного потоку в каналах відповідно першої та другої аспірацій, осадових камер зі шнеками *5* і *9* виведення домішок, двох решітних станів *1*, ексцентрикового валу з шатунами для приводу решітних станів.

Продуктивність машини регулюють, змінюючи розмір зазору між живильним валиком *3* та клапаном *4* за допомогою рукоятки.

Повітряно-очисна частина включає в себе: осадові камери, одна з яких з'єднана з пневмоканалом *2* першої аспірації (до решітного очищення), друга – з пневмоканалом *10* другої аспірації (після решітного очищення), три шнека *5* і *9*, два з яких відводять домішки з осадових камер, а третій – легке, щупле і бите насіння з розширювальної верхньої частини пневмоканалу; клапани *6*, *7* і *8* з регулювальними пристроями. Для грубого регулювання подачі

повітря служить клапан *7*, розташований у всмоктуючому патрубку, за допомогою якого регулюють загальну кількість повітря, необхідну для роботи машини. Для точного регулювання швидкостей повітряного потоку в робочих пневмоканалах служать клапани *6* і *8* першої та другої аспірацій. Всмоктуючий патрубок повітря з'єднаний через димарі з вентилятором і циклоном, що входять в комплект устаткування потокової лінії.

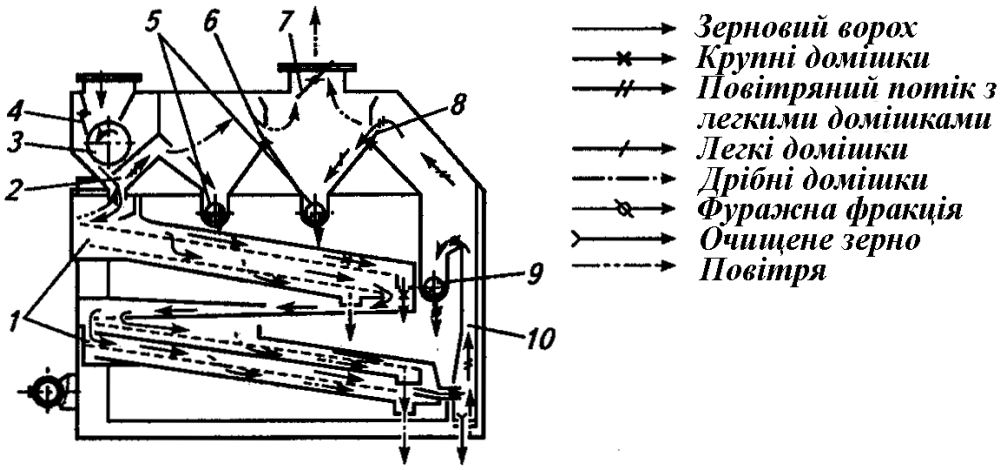


Рис. 1.37. Технологічна схема машини МВУ-1500:

1 – решітні стани; *2* – пневмоканал першої аспірації; *3* – живильний валик; *4* – клапан; *5* – шнек відводу легких домішок; *6, 8* – клапани точного регулювання подачі повітря; *7* – клапан грубого регулювання подачі повітря; *9* – шнек виводу фуражної фракції; *10* – пневмоканал другої аспірації

Решітні стани *1* підвішені до рами на дерев'яних пластинчастих підвісках (по чотири підвіски на кожен стан). Верхній решітний стан складається з боковин, виготовлених з фанери, поперечних стінок і балок. На боковинах стану з внутрішнього боку є напрямні, що утворюють щілини, в які вставляють касети з решетами і кульками. У передній частині боковин є кронштейни з різьбою, на які надівається щиток з притисками. Закручуючи гайки на кронштейнах, щиток з притисками пересувають всередину стану, притискаючи касети з решетами. Таким чином, фіксують положення касет в стані. Днище стану виготовлено з листової сталі. До станів кріплять поперечні

лотки, виготовлені також з листової сталі, для відводу в сторону фракцій очищення. У нижній частині стану встановлений лоток для відводу насіння на нижній стан для подальшого очищення, а також металева балка з отворами для кріплення до неї шатунів механізму привода решітних станів.

Нижній стан по конструкції аналогічний верхньому. У верхній частині стану закріплена металева балка з отворами для кріплення шатунів, в нижній частині – лотки для направлення насіння в аспіраційні канали і виведення відходів.

Привід машини включає в себе електродвигун, приводні клинові паси, шківи, приводний втулково-роликовий ланцюг, зірочки і ексцентриковий вал. Привід живильного валика приймальної камери здійснюється ланцюговою передачею через контр-привід. Решітні стани приводяться в рух шатунами від ексцентрикового валу, на який встановлені ексцентрики. На ексцентрики насаджені підшипники, які затискають круглими шліцьовими гайками. Гайки стопорять багатолапчатими шайбами.

Насіннєвий матеріал, що підлягає обробці, подають у приймальну камеру, де він рівномірно розподіляється по ширині і просипатися в зазор між клапаном *4* і живильним валиком *3* і далі по похилих схилах направляється на верхній решітний стан. По шляху проходження в каналі *2* першої аспірації насіннєвий матеріал продувається повітряним потоком, де відокремлюються легкі домішки: полова, частини листя, оболонки насіння, пил. Ці домішки осідають в осадовій камері і шнеком *5* виводяться з машини. Повітря, що містить пил, через витяжний патрубок машини направляється в аспіраційну систему потокової лінії для подальшого очищення. На верхньому решітному стані відокремлюються крупні і частково дрібні домішки.

Пройшовши очищення на верхньому решітному стані, насіння направляється по скатах на нижній решітний стан для подальшого очищення. Тут дільник поділяє насіннєвий матеріал на дві приблизно рівні частини, з яких одна направляється на верхній ярус решіт, друга – на нижній для подальшого очищення насіння від дрібних домішок, які по похилих лотках виводяться з машини. Очищений матеріал з верхнього і нижнього ярусів решіт нижнього стану надходить через регульовану щілину в канал другої аспірації, де висхідним повітряним

потоком виділяються біологічно неповноцінне зерно і залишені легкі домішки. У верхній розширювальній частини каналу зерно осідає і шнеком виводиться з машини, а легкі домішки виносяться в осадову камеру, звідки виводяться шнеком.

Для роботи машини в технологічній лінії повинен бути встановлений радіальний вентилятор з електродвигуном потужністю 11 кВт і частотою обертання 1500 хв$^{-1}$. Він забезпечує продуктивність 1400 м^3/год і аеродинамічний тиск 1400 Па.

Сепаратор А1-БИС та А1-БЛС відносять до повітряно-ситових сепараторів, на ситах яких зерно очищується від домішок, що відрізняються від нього за шириною і товщиною, а у пневмосепаруючому каналі – швидкістю витання.

Особливість конструкції сепараторів полягає у відсутності осадових камер і поєднання функції дебалансу і привідного шківа, що значно зменшує висоту і забезпечує безпеку обслуговування; наявність регульованого пнемо-сепаруючого каналу дозволяє змінювати швидкість повітря. Коловий поступальний рух забезпечує високу ефективність очищення зерна від крупних і дрібних домішок, а притискання ситових рам ексцентриковим механізмом – хорошу фіксацію, просту установку і виймання ситових рам. Завдяки освітленню пневмосепаруючого каналу можна візуально контролювати процес виділення легких домішок.

Принцип роботи сепараторів наступний (рис. 1.38): зерно, що очищується самопливом надходить до ситового корпусу, крупні домішки (схід із сортувального сита *3*) виводяться по лотку *9* із сепаратора, а суміш зерна з дрібними домішками проходом через сортувальне сито 3направляється на підсівне сито *4*. Дрібні домішки (прохід підсівного сита) надходить в лоток *12* і видаляються із сепаратора.

Очищене на ситах від крупних і дрібних домішок зерно надходить на віброкоток *10* і далі у пневмосепаруючий канал; при проходженні повітря через потік зерна легкі домішки виділяються із зернової суміші і виносяться повітрям через канал в горизонтальний циклон. Очищене зерно із пневмосепаруючого каналу через отвір у підлозі по самопливним трубам йде на подальшу обробку.

Регульована перегородка пневмосепаруючого каналу виконана із тришарового скла, вона слугує зовнішньою стінкою каналу. Лампа встановлена вгорі каналу горизонтально. Відбивач світла спрямовує світловий потік лампи на перегородку і просвічує її по всій довжині пневмосепаруючого каналу, що дозволяє спостерігати за процесом очистки зерна від легких домішок по всій довжині каналу.

В сепараторах А1-БЛС-12 і А1-БЛС-16 із приймального патрубка зернова суміш надходить на спеціальне днище, на якому розподіляється рівномірним шаром по ширині сортувального сита. Фартух *5* зменшує можливість потрапляння зерна у відходи.

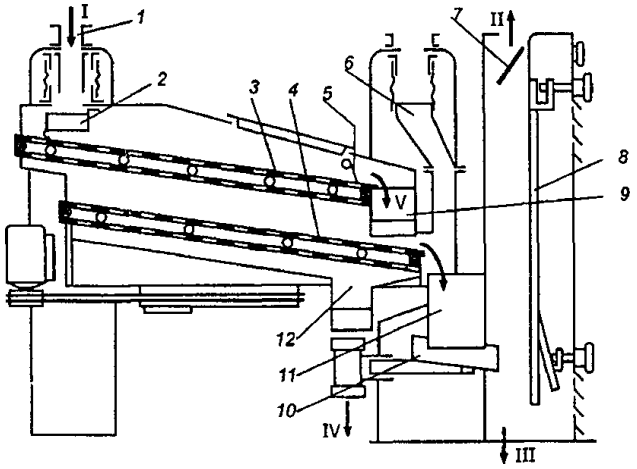


Рис. 1.38. Технологічна схема сепараторів А1-БЛС-12 і А1-БИС-100:

1 – приймальний патрубок; *2* – розподілювальне днище; *3* – сортувальне сито; *4* – підсівне сито; *5* – фартух; *6* – аспіраційний патрубок; *7* – дросельний клапан; *8* – рухома стінка; *9* – лоток для крупних домішок; *10* – віброкоток; *11* – живильна коробка; *12* – лоток для дрібних домішок; *I* – неочищене зерно; *II* – легкі домішки; *III* – очищене зерно; *IV* – дрібні домішки; *V* – крупні домішки

Під час роботи сепаратора під навантаженням особливу увагу звертають на рівномірність подачі зерна у ситовий корпус, рівномірність розподілення зерна по ширині сортувальних сит, плавність ходу ситового корпусу, відсутність підсосу зерна і надмірного запилення, наявність підпору зерна у живильних коробках

11 над віброкотками *10*, ефективність сепарування у пневмосепаруючому каналі, відсутність забивання сит зерном і домішками.

Всі моделі сепараторів типу А1-БЛС-12, А1-БЛС-16 та А1-БИС-100 (рис. 1.39) («Мельінвест» провів уніфікацію сепараторів А1-БЛС та А1-БИС та поставив на виробництво вищевказані моделі) конструктивно аналогічні та складаються із двосекційного ситового корпусу, підвішеного до станини на гнучких підвісках із скловолокна і вертикального пневмосепаруючого каналу. У кожному ситовому корпусі встановлено два яруси сит: сортувальни *13* і підсівних *10*. В кожному ярусі встановлено по дві ситові рамки, крім сепаратора А1-БЛС-16, де рама одна. Ситові рамки в корпусі фіксуються ексцентриковими затискачами. Ситові рами поздовжніми і поперечними брусками розділені на чарунки, в кожній з яких є двігумові кульки *13*, які призначені для очищення сит. До нижньої площини ситової рами прикріплені сітчасті фордони.

На передній стінці ситового корпусу встановлено електродвигун *9*, який завдяки клинопасовій передачі приводить в рух шків *8* з дебалансним вантажем, який забезпечує коловий поступальний рух ситового корпуса. У верхній частині станини встановлені приймальний патрубок *12* для надходження вихідного зерна і патрубок *14* для підключення до аспіраційної мережі. Очищене зерно виходить через випускний канал *3*. Для виведення крупних домішок слугує лоток *6*.

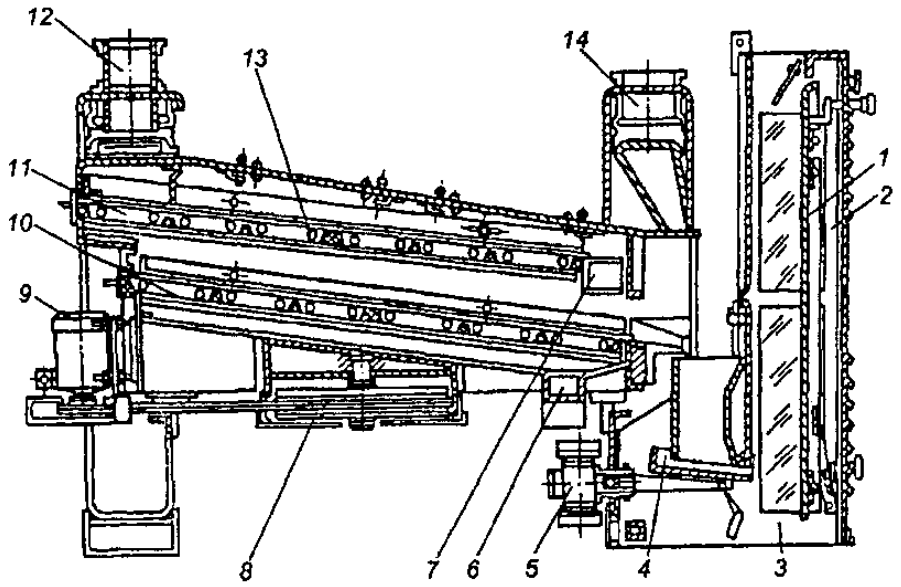


Рис. 1.39. Сепаратор А1-БЛС-12:

1 – рухома стінка; *2* – пневмосепаруючий канал; *3* – випускний канал; *4* – віброкоток; *5* – вібратор; *6*, *7* – лотки; *8* – шків; *9* – електродвигун; *10* – підсівні сита; *11* – сортувальні сита; *12* – приймальний патрубок; *13* – гумова кулька; *14* – патрубок для аспірації

З боку ходової частини корпуса встановлений пневмосепаруючий канал *2* з віброкотком *4*, призначеним для подачі зерна в канал.

Для найбільш ефективного виділення легких домішок у пневмосепаруючому каналі регулюють амплітуду коливань вібролотка величину виходу його в канал, величину вихідної щілини і швидкість повітряного потоку (положенням рухомої стінки *1*) у верхній і нижній частинах каналу, а також витрату повітря.

В комплект сепаратора входить спеціальний горизонтальний циклон, призначений для осадження відходів і встановлений після сепаратора.

При технічному обслуговуванні перевіряють стан ситових рам і гумових кульок. Пошкоджені ситові рами і зношені кульки замінюють на нові. Усувають несправності, помічені під час роботи, перевіряють натяг привідних пасів, стан ущільнення ситових рам і оглядових люків. Особливу увагу звертають на надійність затяжки різьбових

з’єднань, на кріплення гнучких підвісок до станини і ситового корпусу, електродвигуна і вібратора.

1.7. Сепаратори насіння діелектричні

Магнітна насіннєвоочисна машина К-590 призначені для обробки насіння конюшини, люцерни, олійних культур і дрібного насіння, що мають гладку поверхню, від насіння засмічувачів з шорсткою поверхнею (повиліки, пажитниці, гірчака рожевого, подорожника). Насіння, що очищається, попередньо обробляють на повітряно-решітній машині і (або) трієрі.

Магнітне очищення насіннєвого матеріалу застосовують в тому випадку, коли виділити засмічувачі по аеродинамічним властивостям і розмірам неможливо.

Машина К-590 працює при безперервному потоці матеріалу, завдяки чому її зручно застосовувати в технологічних лініях.

Таблиця 1.34

Технічні характеристики машини К-590

Показник	Варіант виконання		
	К-590 А/А04	К-590 А01, А03	К-590 А02
Продуктивність при очищенні насіння конюшини, т/год	0,5		
Ємність, л:			
завантажувального бункера	130		
насіння			
бункера порошку	55		
резервуару для води	22		
Габаритні розміри машини, мм:			
довжина	2325		
ширина	925		
висота	1675		
Потужність електродвигуна, кВт:			
пристрою очищення		1,1	
пристрою відсмоктування		1,5	-

Частота обертання валу електродвигуна, хв$^{-1}$: пристрою очищення пристрою відсмоктування	 2830	930	 -
Габаритні розміри циклону, мм: довжина ширина висота	 950 950 2763		 - - -
Необхідний об'єм повітря, м^3/с	-		0,32
Втрати тиску у пристрої очищення, Па	-		300
Маса, кг	750		620

Машину випускають в декількох варіантах виконання. Варіанти К-590А, А01, А03 і А04 складаються з пристроїв очищення насіння і відсмоктування відпрацьованого повітря, варіант К-590 А02 – тільки з пристрою очищення, який має бути підключений до центральної аспіраційної системи технологічної лінії. У варіантах К-590А і А04 ворох, який обробляється, завантажують в них і затарюють в мішки очищене насіння вручну, тоді як варіанти К-590 А01, А02 і А03 працюють в складі технологічних ліній. У варіантах К-590А і А01 використовують порошок окису заліза, у варіантах К-590 А02, А03 і А04 – додатково залізний порошок. У всіх варіантах виконання машина відповідає вимогам найсучаснішої обробки насіння по продуктивності, зручності обслуговування і охорони праці. Машину слід експлуатувати при позитивній температурі.

Машина К-590 включає в себе завантажувальний бункер *5* (рис. 1.40), змішувальний пристрій *2*, зволожувач *3*, резервуар *6* для води, бункер *7* для порошку, шнек *8*, вібраційний жолоб *9*, магнітний барабан *10*, приймач *11*, збірники насіння *12*, *13*, *14* і відсмоктувальний вузол.

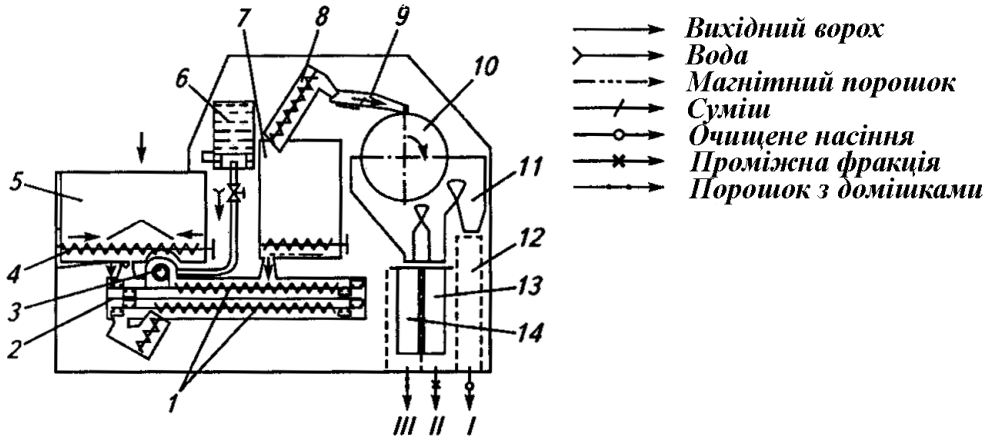


Рис. 1.40. Технологічна схема машини К-590:

1 – змішувальні шнеки; *2* – змішувальний пристрій;*3* – зволожувач; *4* – дозуючий шнек; *5* – завантажувальний бункер; *6* – резервуар для води; *7* – бункер для порошку; *8* – шнек; *9* – вібраційний жолоб; *10* – магнітний барабан; *11* – приймальник; *12*, *13*, *14* – збірники насіння *I*, *II*, *III* класів

У завантажувальному бункері встановлений дозуючий шнек *4*. Для чищення і повного розвантаження цього шнека дно бункера знімають, видаляючи чотири засувки на його торцевій стороні. При цьому зі змішувача, який знаходиться під шнеком, слід вийняти гнучкий перехідник.

Змішувальний пристрій *2* складається зі зволожувача 3 і двох розташованих один над іншим змішувальних шнеків *1*. Зволожувач знаходиться поруч з вхідним патрубком для матеріалу і зроблений таким чином, що вода, яка поступає з резервуара по шлангу, подається на обертову в корпусі щітку.

Пристрій для подачі води включає в себе резервуар *6*, поплавкову камеру з клапаном, дозувальний клапан, триходовий кран і вимірювальний циліндр.

Бункер *7* для порошку встановлено над змішувальним пристроєм і складається з кришки, тримача, решета, змішувача і дозуючого шнека *4*. У разі використання порошку окису заліза (К-590А, А01) в бункері *7* встановлюють дозуючий шнек більшого шагу.

Вібраційний жолоб *9* призначений для рівномірного розподілення матеріалу по ширині магнітного барабана. Він підвішений на пластинчастих пружинах. До жолобу приєднано регульований направляючий пристрій. Магнітний барабан *10*, оснащений постійними магнітами, разом з приймачем *11*, який розташований під ним, утворює сепаруючий пристрій машини.

У приймальнику *11* встановлені щитки для зміни співвідношення вороху, що надходить в збірники *12*, *13*, *14*. На виході з приймача встановлений скребок з пружиною для знімання порошку, який прилип, з магнітного барабана. Машина оснащена системою очищення повітря від магнітного пилу, що складається з вентилятора, трубопроводу, циклона і ящика. Він забезпечує дотримання допустимої запиленості простору, що оточує машину.

Робота магнітного насіннєочисника базується на різній прилипаємості порошку до поверхні компонентів очищувальної суміші. Якщо розбіжність у шорсткості поверхні насіння і домішок мала, то збільшення прилипаємості порошку досягається змочуванням вороху.

При роботі машини оброблюваний ворох подають в завантажувальний бункер *5*, де дозуючий шнек *4* направляє його в змішувальний пристрій *2*. При номінальній продуктивності машини (0,5 т/год) завантажувальний бункер спорожняється за 15 хв. У змішувальний пристрій подається і порошок з бункера *7* (при обробці сухим порошком). Після відкриття кришки бункера і її фіксування тримачем порошок засипають через решето, яке затримує грубі домішки. Залізним порошком бункер заповнюють тільки до вала змішувача. Змішувач, який знаходиться всередині бункера, розпушує схильний до ущільнення порошок, що забезпечує рівномірну його подачу дозуючим шнеком.

З бункера порошок надходить в змішувальний пристрій *2* через вхідний патрубок. У змішувальний пристрій можлива також подача води з резервуара *6* через зволожувач *3*. Вода, що поступає по шлангу, подається на обертову в корпусі зволожувача щітку. Коли щітка ковзає по стрижню-розпилювачу, вода розбризкується дрібними крапельками і змочує матеріал, що подається в змішувач. Від точності дозування води залежить ступінь чистоти. Необхідну кількість води,

що подається, регулюють дозувальним вентилем, оснащеним шкалою. Після відкриття триходового крана в потрібне положення вода, що знаходиться в поплавковій камері,тече до зволожувача. Поплавковий клапан гарантує незмінний рівень води в камері і тим самим постійний тиск води на дозувальний вентиль. При зупинці роботи вузла очищення триходовий кран закривають.

Шорстке насіння бур'янів на відміну від насіння основної культури утворює на поверхні слизову плівку, до якої може прилипати порошок. Тому перш ніж додавати порошок, воду змішують з матеріалом. Якщо додати порошок передчасно, то він з'єднається з ще незмішаною з матеріалом водою, через що остання не може виконувати своєї функції за утворенням плівки. Два компоненти, які надійшли в змішувальний пристрій, перемішуються двома розташованими поруч один з одним змішувальними шнеками *1*. При цьому насіння змішується з порошком, частинки якого обволікають насіння з шорсткою поверхнею, надаючи їм магнітні властивості. Насіння з гладкою поверхнею порошком не обволікають.

Готова суміш подається в шнек *8* і переміщається ним на вібраційний жолоб *9*, який подає її на магнітний барабан і розподіляє рівномірно по його довжині. Насіння з гладкою поверхнею (зазвичай це насіння культурних рослин) при обертанні барабана вільно сходить з його поверхні і надходить у збірник насіння *12* (I сорт). Насіння, покрите порошком, взаємодіє з магнітним полем і утримується на поверхні барабана в зоні дії поля. Тому це насіння сходить з барабана за межами зони дії магнітного поля і надходить у збірник насіння *14* (III сорт). Насіння, недостатньо покрите порошком, сходить з барабана в зоні, розташованій між виходами I і III сортів і надходить до збірника *13* (II сорт), де воно накопичується і спрямовується потім на повторну обробку. Співвідношення кількості насіння, що надходить в кожен із збірників, регулюють поворотними щитками після аналізу відібраних проб. Зайвий порошок знімається з магнітного барабана скребком і надходить у збірник *14*.

Через підключений у верхній частині машини трубопровід пил, що утворюється, відсмоктується, чим попереджається неприпустима запиленість на робочому місці.

При підготовці машини до роботи слід встановити необхідне співвідношення кількості вихідного вороху і порошку в залежності від складу і властивостей вихідного вороху.

Подачі матеріалу і порошку регулюють маховичками дозуючих пристроїв.

Магнітна насіннєочисна машина МСМ-0,8 призначена для остаточного очищення насіння трав, льону, луб'яних та бобових культур від важковідокремлюваних домішок і неповноцінного насіння основної культури, що відрізняються від повноцінного ступенем впровадження в їх поверхню магнітного порошку. Машину можна застосовувати в потокових лініях або індивідуально (замість ЕМС-1А, СМЩ-0, 4 і К-590А).

Машина МСМ-0,8 складається із завантажувального бункера *1* (рис. 1.41) з подаючим шнеком, бункера *2* з ворошилкою, дозатора *3* насіння і порошку, змішувача *4*, системи зволожувача *8*, розпродільчого шнека *9*, магнітного барабана *5*, збірника фракцій *6*, ящиків-накопичувачів *7*. Всі робочі органи машини змонтовані на рамі, закриті панелями і приводяться в дію від мотор-редуктора 4МЦ2С-63-90.

Насіння, що підлягає очищенню, надходить у завантажувальний бункер. Залізний порошок «трифолин» завантажують в бункер вручну в міру його витрачання, що контролюється датчиком нижнього рівня.

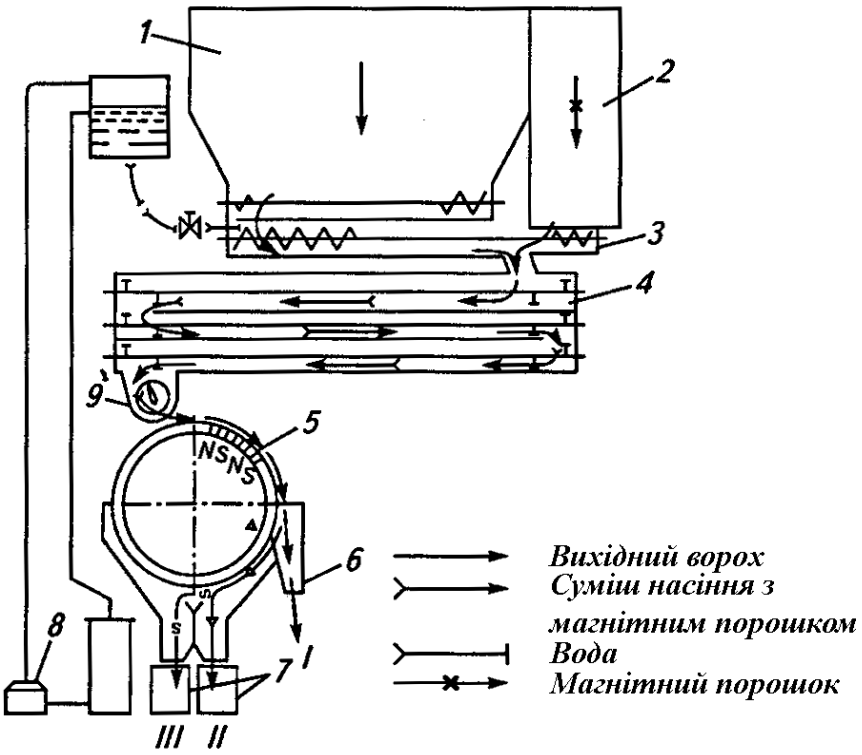


Рис.1.41. Магнітна насіннєочисна машина МСМ-0,8:

1 – завантажувальний бункер; *2* – бункер порошку з ворошилкою; *3* – дозатор насіння і порошку; *4* – змішувач; *5* – магнітний барабан; *6* – збірник фракцій; *7* – ящики-накопичувачі фракцій; *8* – система зволоження; *9* – розподільчий шнек

З завантажувального бункера насіння надходить до дозувального шнеку з одного боку. З протилежного боку залізний порошок подається на спіраль дозатора, який закріплений на загальному валу з шнеком. Насіння та порошок транспортуються назустріч до лотка завантаження змішувача. Кількість насіння, що потрапляє, і порошку регулюють пропорційно зміні частоти обертання вала дозатора за допомогою ступінчастої зубчастої передачі. Кількість порошку, що надходить, можна регулювати окремо, змінюючи відкриття шибера маховичком, розташованим в торці вала дозатора.

Насіння та порошок, об’єднуючись в один потік, надходять в змішувач, де рівномірно перемішуються. Отримана суміш розподіляється шнеком по всій довжині магнітного барабана.

Повноцінне насіння з гладкою поверхнею без порошку зсипається з барабана в приймач очищеного насіння, що має клапани для зміни мішків.

Насіння основної культури з мікротріщинами і насіння смітників, що мають шорстку поверхню, з прилиплим залізним порошком притягуються магнітним барабаном і переносяться вниз, випадаючи у приймальники двох відділів. Насіння, яке прилипло до барабана, очищається скребком. Чіткість розподілу матеріалу на фракції відходів досягається регулюванням положення дільників у магнітного барабана.

При необхідності роботи машини зі зволоженням матеріалу встановлюють необхідну подачу води, що надходить у дозатор у місці завантаження матеріалу. Продуктивність машини 0,8 т/год, маса 850 кг, споживча потужність 2,6 кВт.

1.8. Калібрувальні машини

Вібровідцентрові сепаратори типу Р8-УЦС. Призначенні для очищення насіння кукурудзи від домішок, а також відділення дрібної фракції зерна, в технологічних лініях по обробці зерна. Зерно очищується за допомогою повітря і на ситах.

Промисловість випускає сепаратори двох модифікацій: Р8-УЦС-1 і Р8- УЦС-2. Будова і принцип дії їх однакові. Різниця лише в тому, що перший має один зерновий блок, а другий – два. По конструкції ці сепаратори не відрізняються від сепараторів Р8-БЦС-25 і Р8-БЦС-50.

Сепаратор Р8-УЦС-2 складається із двох повітряно-ситових зерноочисних блоків, змонтованих на рамі, пневмосепаруючих каналів зі збірником для легких домішок, дозатора, розкидачів, циклона. Повітряно- ситові блоки мають верхні, середні і нижні сита, які здійснюють обертовий рух навколо вертикальної вісі і одночасно здійснюють коливальний рух вздовж цієї вісі, тобто по вертикалі.

Сита очищують циліндричними очисниками. В середині рами вмонтовані приводи обертових і коливальних рухів сит.

Зерно очищується наступнім чином. Воно надходить у дозатор, яким регулюється подача зерна, там же знаходиться пристрій для відбору випадкових крупних домішок. Пройшовши його, зерно

поступає на розкидач, за допомогою якого воно розкидається і потрапляє в кільцевий пневмосепаруючий канал, де за допомогою повітря відділяються легкі домішки, які осідають в збірнику. Зерно, що очищується від випадкових великих і легких домішок, поступає на дисковий розкидач, потім всередину ситового барабану, де очищується на ситах від мілких домішок, а також відділяється дрібне (дроблене) зерно. Відокремлені домішки і зерно видаляються із блока лопатками.

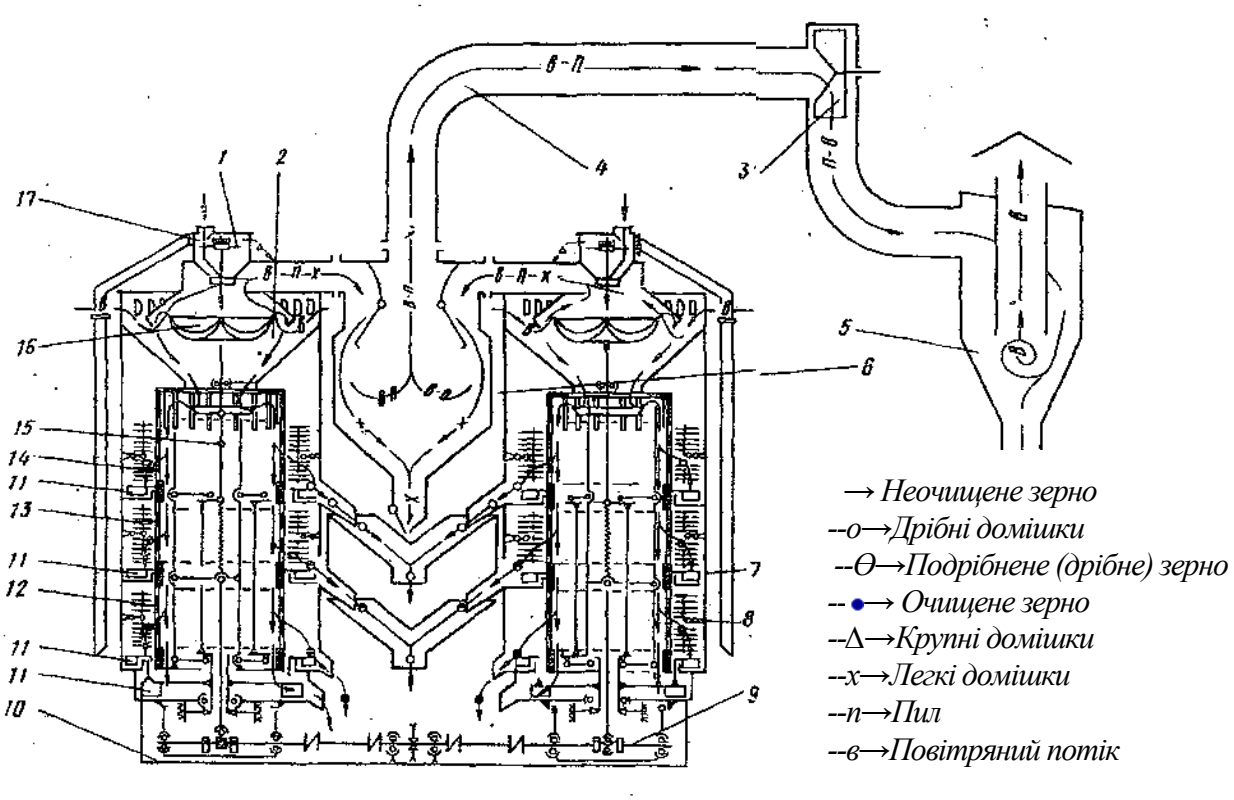


Рис. 1.42. Технологічна схема сепаратора Р8-УЦС-2:

1 – пристрій для відбору випадкових домішок; *2* – пневмосепаруючий канал; *3* – вентилятор; *4* – повітровід; *5* – циклон; *6* – збірник для легких домішок; *7* – зерноочисний блок; *8* – очищувач; *9* – вал; *10* – рама; *11* – лопатки; *12*, *13*, *14* – сита; *15* – вісь; *16* – розкидач; *17*– дозатор

Запилене повітря по повітропроводу подається вентилятором в циклон, де очищується від пилу і викидає назовні.

Перевага сепаратора в тому, що інтенсивність очищення можна регулювати шляхом зміни параметрів обертального і коливального рухів сит. Порівняльна характеристика сепараторів типу Р8-УЦС приведені в таблиці 1.35.

Таблиця 1.35

Технічна характеристика сепаратора типу Р8-УЦС

Показники	Р8-УЦС-1	Р8-УЦС-2
Продуктивність(не менше), т/год	12	30
Ефективність очищення від відокремлюваної смітної домішки (не менше), %	80	80
Площа сит, м	2,5	5,2
Габарити, мм: довжина ширина висота	 1800 1250 3250	 3250 1250 3250
Маса, кг	1300	2400

Кукурудзокалібрувальна машина КСК-1. Призначена для калібрування насіння кукурудзи на фракції по ширині і товщині. Машина складається із двох ситових кузовів, підвішених на зварній рамі. Ситові кузова завдяки ексцентриковим механізмам здійснюють коливальні рухи у взаємно протилежні сторони.

В кожному кузові встановлено два ряди сит, а в кожному ряду – по два сита: перше з круглими отворами і друге – з прямокутними. Сита з круглими отворами – гладенькі, а з прямокутними – гофровані. Технологічний процес калібрування насіння здійснюється наступним чином (рис. 1.43). Сходом з сит ідуть зерна круглої форми, які не проходять через круглі, і через прямокутні отвори кожного ряду сит. Через круглі отвори кожного сита провалюються зерна, поперечні розміри яких менше діаметру отворів сита: ці зерна поступають на скатні дошки *1* і далі на наступне сито. Через прямокутні отвори проходять більш плескаті зерна: зерна сходять в чергову фракцію

плескатих зерен зі скатних дощок *3*. Всього отримують чотири фракції плескатих зерен:

1- а фракція (великі);
2- а фракція (середні);
3- а фракція (тонкі);
4- а фракція (дрібні).

Схід з верхніх двох сит об'єднується в 5-ту фракцію круглих зерен (великих), а з нижніх двох сит в 6-ту фракцію круглих зерен (середні). Прохід останнього сита (дрібне зерно і дрібні домішки) відносять до відходів.

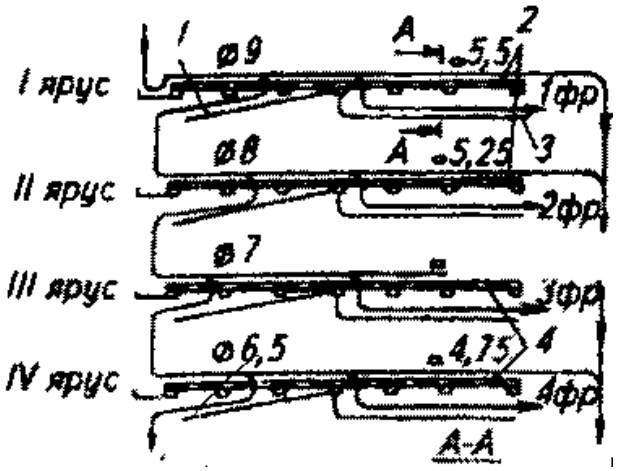


Рис. 1.43. Технологічна схема калібрування насіння кукурудзи в машині КСК-1:

1 – похила дошка; *2* – сита верхнього кузова; *3* – дошка для виведення плоских зерен; *4* – сита нижнього кузова

Сита очищують 48 підбивальників, які представляють собою планку з прогумованими наконечниками. Підбивальники, одержуючи примусові коливальні рухи від ланцюгової передачі, почергово вдаряють по ситу то одним, то другим кінцем.

Установку підбивальників в силу їх поштовху по ситу регулюють за допомогою кривошипного механізму, а число коливань кузовів – шківами, які складаються із розсувних дисків. Змінюючи число коливання в межах 385-425 у хвилину, а також кількість

поступаючого в машину зерна можна регулювати ефективність її роботи.

Таблиця 1.36

Технічна характеристика калібрувальної машини КСК-1

Продуктивність, т/год	0,5 – 0,8
Кут нахилу кузовів, град	6
Частота коливань кузовів, кол/хв	385 – 425
Амплітуда коливань, мм	6,5
Потужність електродвигуна, кВт	0,6
Габарити, мм: довжина ширина	 3100 1060
висота	1860
Маса, кг	712

Кукурудзокалібрувальна машина КСК-3. Призначена для роботи на кукурудзопереробних заводах та інших технологічних комплексах для калібрування гібридних і батьківських форм насіння кукурудзи. Продуктивність машини до 3 т/год. Випускається в комплексі із двох аналогічних модулів з різноманітним набором сит.

Модуль складається із наступних вузлів і механізмів: верхнього барабану, розподільника, патрубка завантаження, дверцят, роликових очисників сит, нижнього барабану, випускних конусних днищ і випускного патрубка верхньої частини.

Технічна характеристика калібрувальної машини КСК-3 представлена в таблиці 1.37.

Таблиця 1.37

Технічна характеристика калібрувальної машини КСК-3

Габарити (повітроочисного пристрою), мм: довжина ширина	 500 440

висота	526
Габарити (подрібнювача), мм: довжина ширина висота	 700 400 1000
Маса, кг	1100

Калібрувальні машини КСК-1,5, КСК-3 і КСК-5 призначені для калібрування насіння кукурудзи. Машина КСК-1,5 розрахована при застосуванні в технологічній лінії кукурудзокалібрувальних заводах, але її можна використовувати і індивідуально. В останньому випадку необхідний додатковий набір транспортуючих механізмів для її завантаження і розвантаження.

Призначена для калібрування насіння кукурудзи на чотири фракції. Машину КСК -3 застосовують для калібрування насіння на чотири фракції на двох однакових по конструкції модулях КСК-1,5. КСК-5 призначена для калібрування насіння кукурудзи по розмірах на дві фракції. Насіння перед калібруванням повинні бути очищені.

Основні показники машин приведені в таблиці 1.38.

Таблиця 1.38

Технічні характеристики машин КСК

Показник	КСК-1,5	КСК-3	КСК-5
Продуктивність, м/год	1,5	3	5
Встановлена потужність кВт	1,5	3	2,05
Число решітних барабанів	2	4	2
Діаметр решітного барабана кг/мм	600	600	600
Число решіт в барабані	4	4	4
Частота обертання барабана $хв^{-1}$	27;31;33;39;	27;31;33;39;	27;31;33;39;

Кут нахилу, град	± 2,5	± 2,5	±2
Габаритні розміри: Довжина	4000	4000	3850
Ширина	1330	1300	1100
Висота	2730	2400	2695
Маса, кг	1575	2500	1750

Для машини КСК-1,5 підприємство-виробник поставляє верхній калібрувальник з одним решетом з отворами діаметром 9мм, а нижній калібрувальник з одним решетом з отворами 7мм. Під барабаном нижнього калібрувальника розташований чотирьохсекціний лоток, до якого прикріплені чотири приймальника фракцій. Рама нижнього калібрувальника встановлена на регульованих стійках, які дозволяють змінювати кут нахилу машини. На каркасі рами закріплений мотор-редуктор з механізмом приводу барабана.

Верхній калібрувальник встановлений на нижній калібрувальник і має раму з лотком, до якого прикріплені приймальники фракцій, і решітний барабан. На лотку закріплені також чотири очисника нижнього решітного барабана, а всередині рами - очисник верхнього решітного барабану.

Під приймальниками фракцій розташовані розподільники коробчастої форми з встановленим всередині клапаном, яким регулюється розділення фракцій (верхнього і нижнього барабанів) або їх об'єднання в приймальнику нижнього калібрувальника. Регулятор настроєний на фракції сходу. На передній стінці машини є патрубки для завантаження верхнього і нижнього барабанів.

Одночасне завантаження двох барабанів забезпечує завантажувальний пристрій, який поділяє матеріал на два лотка за рахунок підтискання рухомого клапана до стінки корпусу.

Робочий орган машини – змінні решета, які закріплені на ободах барабана. Решета взаємозамінні, їх можна встановлювати на будь-яку пару ободів. До машини надається комплект змінних решіт: два з отворами діаметром 6мм і два з отворами діаметром 8мм.

На спицях ободів закріплені плужок і лотки для перемішування,

на барабані – регулятор сходу з шибером. Повертаючи шибер, регулюють прохідний переріз, утворений краєм шибера і секторами ободів. Очисники решіт представляють собою вісі з набраними на них роликами з поліаміду або дерева. Очисники піднімають і регулюють при заміні решіт за допомогою гайок, які встановлені на кронштейнах.

Процес роботи машини полягає в розділенні обертаючими решітними барабанами надходжуваного вороху на частини, які відрізняються розмірами складових його частин, дрібні частинки проходять через отвори відповідного решета, крупні сходять з його поверхні.

Аспіратор типу БАС. Після розподілу насіння кукурудзи на 4 фракції в машині КСК-1 і по довжині в трієрі ТК-580 в кожній фракції залишаються неповноцінні зерна (щуплі, виїдені шкідниками, зіпсовані і інші.), які можуть не проростати при посіві. Оскільки такі зерна, як правило, легше повноцінних зерен, їх відділяють повітряним потоком в аспіраторах типу БАС.

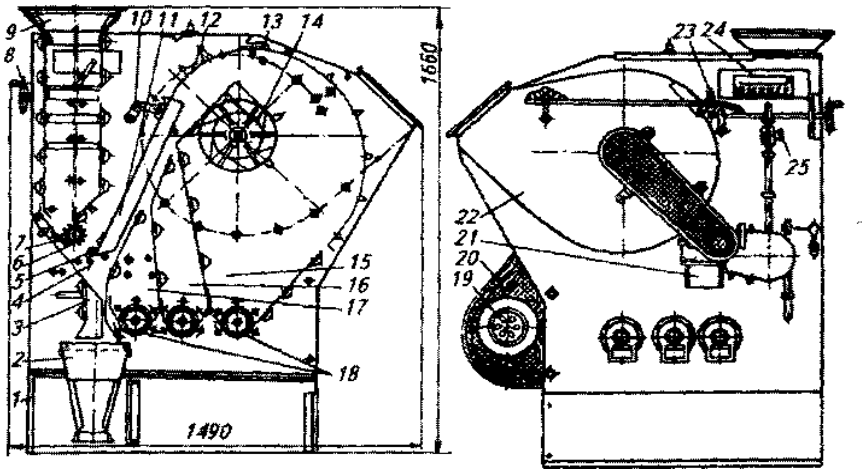


Рис. 1.44. Аспіратор типу БАС

1 – корпус; *2* – розвантажувальнийковш; *3* – канал; *4* – противопідсосний клапан; *5* – вісь; *6* – щітка; *7* – живильний механізм; *8*, *23* – маховики; *9* –приймальний ковш; *10* – важіль; *11* – аспіраційнийканал; *12* – стінка; *13* – паз; *14* – вікно; *15*, *16*, *17* – осадовікамери; *18* – шнеки; *19* –

електродвигун; *20* – клинові паси; *21* – варіатор; *22* – вентилятор; *24* – мікроманометр; *25* – кран

Аспіратор типу БАС представляє собою металевий корпус *1*, який розділений на дві секції. Перша секція (по руху зерна) представляє собою приймальний ківш *9*, під який розташований живильний пристрій *7*, яке складається із рифленого валика з варіатором швидкості і міцно прилягаючої до його щитки *6*, противопідсосного клапану *4* і каналу *3*, по якому зерно поступає в розвантажувальний ківш *2*.

Друга секція складається із аспіраційної камери, яка сполучається з осадовими камерами *15*, *16*, *17*, внизу яких встановлені шнеки *18* для відводу відходів із машини. Аспіраційна камера сполучається через вікно *14* з вентилятором, який прикріплюється зовні машини. Вентилятор *22* приводиться в рух від електродвигуна *19* через клинопасову передачу *20*. Шнеки приводяться в обертання від валу вентилятора за допомогою клинопасової передачі і ланцюгів, а живильний валик – від валу вентилятора через варіатор швидкостей *21*. Швидкість обертання живильного пристрою змінюють маховиком варіатора швидкості.

Ступінь розрідження повітря в аспіраційній камері і осадових камерах визначають мікроманометром *24*, який з'єднаний з каналом *3* і трубопроводом з краном *25*. Кран відкривають тільки для того, щоб перевірити вакуум в машині, після чого його знову закривають. Витрати повітря регулюють клапани, який встановлений у вихідному отворі вентилятора. Для цього повертають маховичок *23* в ту або в іншу сторону.

Особливість аспіратора – можливість змінювати об'єм аспіраційної камери, що дозволяє регулювати аеродинамічний режим роботи машини. Зміни об'єму аспіраційного каналу *11* навколо вісі *5* . При цьому верхній край стінки переміщається в пазу *13*. При повороті стінки *12* змінюється переріз каналу *11*, а значить і швидкість руху повітря в ньому і його приймальна сила.

Для повороту стінки передбачений маховичок *8*, який зв'язаний тягою з двоплечевим важелем *10*, а останній – зі стінкою *12*.

Крім цього витрати повітря регулюють дросель-клапаном, який

установлений у вихлопному патрубку вентилятора. Для цього передбачений маховичок *23*.

За допомогою варіатора *21* і маховичка можна регулювати швидкість обертання живильного валика *7*. Мембранний мікроманометр *24* показує ступінь розрідження, а значить і повітряний режим в камерах. Його підключають краном *25*.

При роботі аспіратора необхідно слідкувати, щоб не було підсмоктування повітря через нещільності в корпусі *1*, а також періодично контролювати мембранним манометром ступінь розрідження повітря в камерах. Продуктивність машини 3...4 т/год, потужність електродвигуна 30 кВт, витрати повітря 45 $м^2$/хв.

Таблиця 1.39

Технічна характеристика аспіратора БАС

Потужність, т/год	3 – 4
Частота обертання, об/хв: колеса вентилятора вала вентилятора живильного валика шнеків	 1475 – 2255 780 – 1640 58 224 – 520
Витрати повітря, 10 м/год	2,7
Потужність електродвигуна, кВт	3
Габарити, мм: довжина ширина висота	17 1710 1490 1660
Маса, кг	540

Циліндричний сегментний трієр ТК-4. Призначений для очищення каліброваних по ширині і товщині фракцій кукурудзи від коротких домішок. Трієр може застосовуватися в технологічній лінії по обробці батьківських і гібридних форм кукурудзи, які випускаються з різною номенклатурою сегментів.

Трієр особливо ефективний в технологічній лінії після машини КСК-3. З калібрувальника фракції поступають в приймальник трієра, на циліндрі якого встановлені сегменти з діаметром чарунок,

відповідно фракції.

Відходова фракція поступає з лотка, а очищена – сходом з внутрішньої поверхні циліндра.

Таблиця 1.40

Технічна характеристика трієра ТК-4

Продуктивність при очищенні насіння кукурудзи, т/год	3-5
Ефективність видалення домішок (сегменти з чарунками діаметром 6,3 мм), %	86-92
Клас насіння по вмісту коротких домішок	I-II
Кут нахилу циліндра, град	0,5-2,0
Частота обертання, об/хв	26-40
Число сегментів в циліндрі	4
Потужність електродвигуна, кВт	1,5
Витрати повітря, 10 м /год	1,5
Габарити, мм: довжина висота	 3800 1480
Маса, кг	750

Контрольні запитання

1. Назвіть агротехнічні вимоги до зерноочисних машин.
2. Які фізико-хімічні властивості зернового вороху використовують при очищенні і сортуванні?
3. Назвіть способи, які застосовують при розділенні зернових сумішей.
4. Назвати всі технологічні процеси, які застосовують для очищення зернового вороху до бажаних кондицій.
5. Чим відрізняються повітро-решітні машини для попередньо, первинного і вторинного очищення зернового вороху?
6. Як працюють гравітаційні сепаратори?
7. В чому особливість конструкції універсальних зерноочисних машин?
8. Перечисліть робочі органи, які застосовуються для очищення і сортування зерна.
9. Як забезпечується рівномірне завантаження решітних поверхонь по ширині?

10. Які схеми розташування решіт, що застосовуються на повітряно-решітних машинах?
11. Назвіть способи очищення решіт, які використовують в сучасних зерноочисних машинах.
12. Назвіть принципові особливості конструкції повітряних систем зерноочисних машин.
13. Як здійснюється очищення відпрацьованого повітря після зерноочисних машин?
14. Як відбувається очищення зернового вороха трієрами?
15. Коли застосовують спеціальні машини для післязбиральної обробки зерна і вкажіть їх призначення.
16. Охарактеризуйте принцип магнітного очищення зернового вороху.
17. Перечисліть порядок підготовки до роботи зерноочисних машин.
18. Як контролюють якість роботи зерноочисних машин?
19. Для чого в зернових сепараторах використовують вібраційні лотки?
20. В яких очисних машинах замість сит використовують чарункові поверхні?

РОЗДІЛ 2

УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1. Зерно, як об’єкт сушіння

Для того, щоб розкрити процес сушіння і вплив його на якість зерна, необхідно роздивитись будову, а також хімічний склад зерна і його складових частин. Передусім треба звернути увагу на вологу в зерні, яка міститься не тільки на його поверхні і в капілярах, але і в середині клітин різних складових частин зерна.

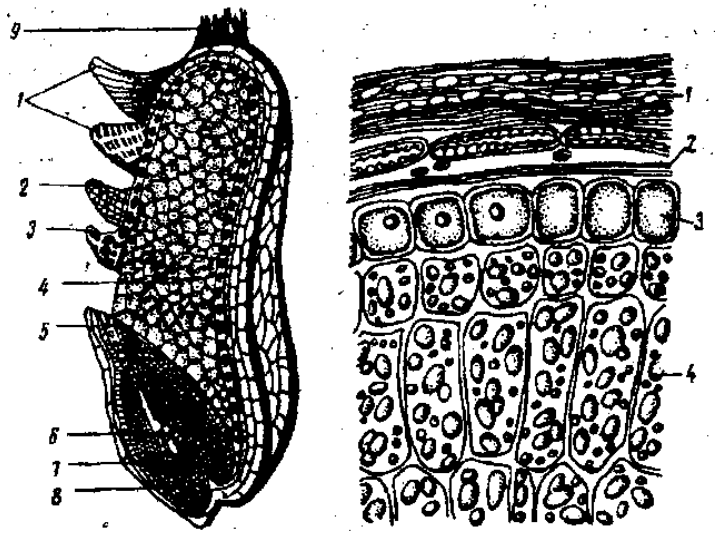
Зерно – живий організм, по своїй будові представляє колоїдне капілярно-пористе тіло. Зерно містить велику кількість мікропор, мікро- і макрокапілярів, по яким волога циркулює із внутрішніх частин до поверхні і навпаки. Волога має значення для життєвих процесів зерна. Її надлишок приводить до інтенсифікації життєдіяльності зерна, до його самозігрівання і псування.

Зерно пшениці і жита складається із зародку, ендосперму і оболонок. Зерно ячменю, рису, вівсу, крім того покриті сильно задерев’янілими квітковими оболонками, які в значній мірі ускладнюють переміщення вологи як зовні, так і в середині. Плодові (верхні) оболонки пшениці і жита складаються з декілька шарів щільних задерев’янілих клітинних стінок з великою кількістю капілярів і мікропор, через які пари вологи можуть легко проникати із атмосфери в зерно і навпаки. Плодові оболонки не є перешкодою для видалення вологи із зерна в процесі сушіння.

Прилеглі до плодових насіннєві оболонки складаються із гіалінового та алейронового шарів. Вони відрізняються від плодових оболонок відносно малою проникністю в них парів вологи. Саме ця група оболонок перешкоджає швидкому проникненню вологи в середину зерна і погіршує процес сушіння при переміщенні вологи із внутрішніх частин на поверхню зернівки.

Зародок представляє собою головну частину насіння, при його проростанні утворює нову рослину. Всі тканини зародка складаються із живих клітин, чутливих до температурної дії. Ендосперм, який заповнює всю внутрішню частину зерна, складається з тонкостінних

клітин, наповнених сухою протоплазмою і крохмальними зернами. Ендосперм не містить живих клітин, він слугує сховищем запасних



а *б*

поживних речовин для зародку.

Рис. 2.1. Повздовжній *(а)* і поперечний *(б)* розрізи зерна пшениці:

1– плодовіоболонки; *2*– насіннєві оболонки; *3* – алейроновий шар; *4* – ендосперм; *5*– щиток; *6*– листкова брунька; *7*– зародок; *8* – корінці; *9* – борідка

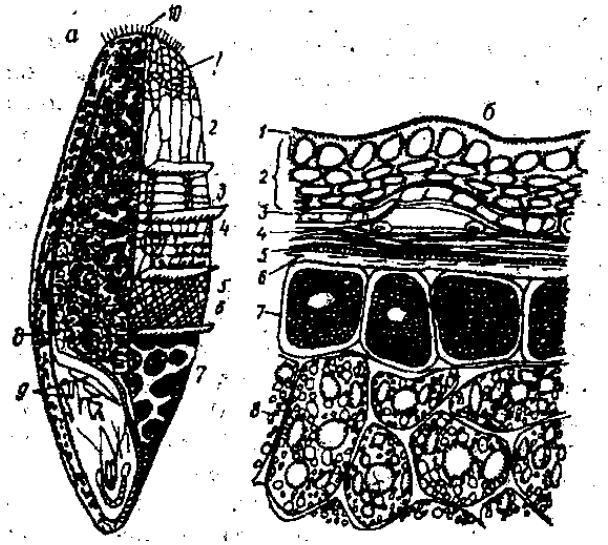


Рис. 2.2. Повздовжній (а) і поперечний *(*б*)* розрізи зерна жита:

1 – епідерміс; *2* – епікарпій; *3* – мезокарпій; *4* – ендокарпій; *5* – пігментний шар; *6* – гіаліновий шар; *7* – алейроновий шар; *8* – ендосперм; *9* – зародок; *10* – борідка

Вологість зерна залежить від району вирощування, способу і часу збирання, зберігання тощо. В залежності від вмісту вологи зерно окремих культур підрозділяють на наступні класи по стану вологи: сухе, середньої сухості, вологе і сире. Для різних культур стан вологості може характеризуватися різними числовими значеннями вологості зерна.

Свіжозібране зерно може мати різну вологість. Здатність зерна або зернової маси поглинати і віддавати вологу називають гігроскопічністю зерна.

Ця властивість залежить від характеру будови і хімічного складу зерна. Гігроскопічність окремих частин зерна неоднакова. Найбільшу гігроскопічність має зародок.

Швидкість сушіння в більшій мірі залежить від вологості зерна і форми зв'язку вологи з зерном. Всю вологу зерна можна умовно розділити на вільну і гігроскопічну, при наявності тиску парів над поверхнею води. Частина гігроскопічної вологи, яка важко піддається або зовсім не піддається випаровуванню, називають хімічно-зв'язаною вологою. Хімічно-зв'язана волога відрізняється від вільної вологи фізичними і хімічними властивостями. При *t* 0°С вона не замерзає, знаходиться в переохолодженому стані, являється поганим розчинником.

У вільному стані вода випаровується повністю, якщо навколишнє повітря має відносну вологість менше 100% (повітря ненасичене парами). По своїм гігроскопічним властивостям зерно не віддає всієї вологи навіть в тому випадку, коли повітря має відносну вологість менше 100%. Встановлена вологість, при якій наступає визначна рівновага і припиняється переміщення вологи із зерна в навколишнє повітря і навпаки, носить назву рівноважної вологості зерна. Величина рівноважної вологості залежить від температури і відносної вологості повітря. Для різних зернових культур рівноважна вологість зерна різна, так як залежить від хімічного складу зерна. При збільшенні температури повітря однієї і тієї ж відносної вологості

рівноважна вологість зерна понижується, а при одній і тій же температурі повітря із збільшенням його відносної вологості рівноважна вологість зерна значно збільшується.

Так, наприклад, рівноважна вологість пшениці при її температурі 20 °С збільшується зі збільшенням відносної вологості відповідно:

$\varphi = 20\% - \omega_p = 7{,}8\%;$ $\varphi = 30\% - \omega_p = 9{,}24\%;$

$\varphi = 40\% - \omega_p = 10{,}68\%;$ $\varphi = 50\% - \omega_p = 11{,}84\%;$

$\varphi = 60\% - \omega_p = 13{,}1\%;$ $\varphi = 70\% - \omega_p = 14{,}3\%;$

$\varphi = 80\% - \omega_p = 16{,}02\%;$ $\varphi = 90\% - \omega_p = 19{,}95\%.$

Як видно з приведеного прикладу, рівноважна вологість значно змінюється зі зміною відносної вологості повітря. Це зв'язано зі збільшенням вологовмісту повітря, тобто зі збільшенням кількості вологи, яка міститься в 1 кг сухого повітря. Оптимальна рівноважна вологість зерна, яка забезпечує тривале зберігання – 14,3%, що відповідає відносній вологості повітря, рівній 70%.

Велике значення для процесу сушіння має питома поверхня зерна, яку називають відношенням площі поверхні всіх зерен, які містяться в 1 кг, до об'єму, зайнятому цим зерном. Процес сушіння протікає швидше при збільшенні поверхні зерна того ж об'єму. Величина питомої поверхні зв'язана з формою і розмірами зерна. Чим зерно більше, тим питома поверхня його менша.

Площу геометричної поверхні зерна $S_ç$ і об'єм зернівки $V_ç$, визначають по трьом розмірам: довжині, ширині і товщині. Для цього використовують формули:

$$S_ç = 4\pi R \cdot (l + 3R), \qquad (2.1)$$

$$V_ç = K_ç \cdot a \cdot b \cdot l, \qquad (2.2)$$

де R – приведений радіус, мм;

a, b, l – відповідно довжина, ширина і товщина зернівки, мм;

$K_ç$ – коефіцієнт, який враховує форму зерна, для пшениці $K_ç = 0{,}52$, для жита $K_ç = 0{,}42$

$$R = \frac{5a + 6b}{60}, \text{ мм} \qquad (2.3)$$

Об’єм зернівки визначають дослідним шляхом або пікнометром.

Велике значення для конструювання й експлуатації має критична швидкість повітря або швидкість витання зернівки, відповідна умовам рівноваги зерна в потоці.

Швидкість витання – початковий параметр для вибору граничних швидкостей агента сушіння в зерносушарках (на вході і виході із коробів, на вході в підігрівачі). Швидкість витання для пшениці, жита, ячменю, вівсу, рису коливається від 8,0 до 11,5 м/с; для кукурудзи і гороху – від 10 до 17 м/с; для насіння соняшнику – від 4 до 14 м/с; для гречки і проса – від 2,5 до 9,5 м/с.

По своєму хімічному складу насіння складається з білка, вуглеводів, жиру, золи, води, мінеральних речовин, вітамінів і ферментів. Для сушіння зерна важливо знати розподіл окремих речовин в різних частинах зерна.

Враховуючи те, що зерно – живий організм, для проведення процесу сушіння, важливо знати також його термостійкість, тобто здатність до збереження в процесі сушіння насіннєвих і продовольчих властивостей при тій або іншій температурі зерна.

При сушінні зерна іде процес зневоднення та нагріву. Нагрів зерна по-різному впливає на вміст в зерні органічних колоїдних речовин. Більш стійкі до нагрівання жири і вуглеводи зерна, які витримують нагрів до 60 °С при його вологості 14%. Але при подальшому нагріванні і збільшенні вологості може наступити процес розкладу крохмалю, при цьому можливе погіршення якості борошна. При температурі зерна вище 65 °С може відбутися розклад жирів, в результаті чого збільшується кислотне число жиру. Білкові речовини зерна більш чутливі до температур. Нагрів більше 60 °С призводить їх до щільності і деякому зменшенню виходу клейковини.

Зміни, які відбуваються в зерні, залежать від початкової якості клейковини, вони можуть мати не тільки негативний, але й позитивний вплив. Наприклад, для пшениці з початковою слабкою клейковиною нагрівання зерна призводить до її зміцнення і, безпосередньо, до покращення якості.

Для пшениці з міцною клейковиною процес нагрівання веде до погіршення її якості, тобто до ще більшого зміцнення, в результаті

чого вона стає крихкою і втрачає зв'язність, хлібопекарські переваги такого зерна погіршуються. Перегрів зерна з високою вологістю призводить також до зміни кольору клейковини.

Тип сушіння вибирають в залежності від призначення зерна – продовольче або насіннєве. Насіннєве зерно сушать при більш низьких температурах, ніж продовольче зерно, а контроль його якості здійснюють по його схожості і енергії проростання до і після сушіння.

Контроль процесу сушіння продовольчого зерна пшениці проводять по кількості і якості клейковини і по хлібопекарським перевагам. Якість решти зернових культур продовольчого призначення до і після сушіння визначають по кольору, запаху, смаку і тріщинуватості.

Сушіння зерна здійснюють конвективним способом при безпосередньому контакті агента сушіння з зерном, що можливо завдяки наявності шпар в зерновій масі. Шпаруватість – це відношення об'єму міжзернового простору до всього об'єму зернової маси. Шпаруватість залежить від форми, розміру, шорсткості поверхні зерна і щільності зернової маси. Шпаруватість для різних зернових культур коливається в межах 37…68 %. У зерновій масі пшениці шпаруватість може достигати 55%, у вівса – 78%, у маси насіння конюшини, маку, льону – 40%.

Об'ємною масою або натурою зерна називають щільність укладки зерна або масу зерна (кг), яке міститься в 1 $м^3$ об'єму, або маса зерна (г), яка міститься в 1 л. Ця величина для зерна різних культур неоднакова і залежить від культури, вологості і виповненості зерна.

Важливо знати, що сипкість зернової маси, яка характеризується кутом природного відкосу і залежить від розмірів і форми зернівок, стану їх поверхні, характеру домішок. Кут природного відкосу зернової маси залежить від вологості зерна і кількості смітних домішок, з їх збільшенням кут природного відкосу збільшується, а сипкість зернової маси зменшується.

Кут природного відкосу для проса дорівнює 20…25°С; пшениці і жита – 23…28°С; ячменю – 28…40°С; кукурудзи – 30…40°С; для вівса – 31…44°С; соняшнику – 31…44°С. зі збільшенням вологості зерна з 15 до 22% кут природного відкосу збільшується з 30 до 38°С.

В період заповнення надсушильних бункерів відбувається самосортування зернової маси, при цьому важкі зерна падають в центр бункера, розташовуючись під самопливною трубою завантаження, а легкі домішки, щуплі зерна, крупні домішки, солома скочуються до стінок бункерів і шахт зерносушарок.

Самосортування призводить до нерівномірності руху зерна по шахтам і, внаслідок цього призводить до нерівномірного сушіння і нагріву зерна.

Для зниження самосортування завантаження зерносушарки здійснюють самопливом за допомогою труб випускних пристроїв.

Повітряний (гідравлічний) опір зернового шару залежить від товщини продуваючого шару, швидкості повітря, шпаруватості зернової маси і стану поверхні зерна, що можна виразити формулою:

$$\Delta P = 9{,}81 \cdot AhV^n, \qquad (2.4)$$

де ΔP – падання тиску, Па;

h – товщина шару зерна, мм;

V – швидкість фільтрації повітря (швидкість повітря, віднесена до повного перерізу шару), м/с;

A і n – коефіцієнти, які залежать від розмірів зерна.

Коефіцієнти A і n – відповідно рівні для пшениці, жита, вівса, ячменю, гречки 1,41…1,76 і 1,41…1,43; для кукурудзи і гороху 0,67…0,82 і 1,51…1,55; для проса 2,34 і 1,38.

По мірі збільшення швидкості повітря підйомна сила потоку повітря збільшується і зерновий шар починає розрихляться. Чим менше шпаруватість, тим більший опір чинить зерно при продуванні його повітрям і тим складніше воно сушиться.

До теплофізичних властивостей зерна, які пов'зані з сушильним процесом, відносяться наступні: теплоємність, теплопровідність, температуропровідність.

Теплоємність (питома теплоємність) окремого зерна і зернової маси практично однакова, так як маса повітря в міжзерновому просторі шару дуже мала порівняно з масою зерна. Теплоємність зерна залежить від його вологості і температури.

Теплоємність сухої речовини зерна C_c дорівнює:

$$C_c = 1{,}55 \text{ кДж/(кг·К)}, \qquad (2.5)$$

За питому теплоємність вологого зерна $C_{â}$ приймають питому теплоємність механічної суміші сухої речовини зерна і води, яку визначають по формулі:

$$C_{â} = C_{\omega}\frac{\omega}{100} + C_{c}\frac{100-\omega}{100}, \qquad (2.6)$$

де ω – вологість зерна, %;

C_{ω} – питома теплоємність води, $C_{\omega} = 4{,}19$ кДж/(кг·К).

При зміні вологості зерна від 10 до 30% його питома теплоємність змінюється від 1,64 до 2,43кДж/(кг·К), якщо температура зерна дорівнює 30°С (табл. 2.1).

Зернова маса володіє низькою теплопровідністю. Для окремого зерна коефіцієнт теплопровідності приймають рівним коефіцієнту теплопровідності дерева: $\lambda = 0{,}419...1{,}676$ кДж/(м·К·год).

Таблиця 2.1

Питома теплоємність *С*[кДж/(кг·К)] пшениці, ячменю, гороху та рису

Вологість зерна, %	Температура зерна, °С						
	0	10	20	30	40	50	60
10	1428	1498	1568	1638	1707	1777	1847
11	1491	1558	1626	1696	1762	1832	1903
12	1558	1622	1687	1752	1817	1880	1943
13	1619	1681	1743	1804	1866	1920	1990
14	1682	1740	1799	1857	1915	1973	2031
15	1747	1801	1855	1910	1964	2018	2073
16	1802	1852	1903	1953	2004	2055	2105
17	1861	1906	1952	1997	2042	2088	2133
18	1934	1967	2000	2041	2082	2122	2163
19	1975	2010	2046	2081	2116	2152	2187
20	2031	2062	2092	2122	2152	2184	2215
21	2084	2108	2133	2158	2183	2208	2232
22	2138	2157	2176	2195	2214	2233	2252
23	2190	2203	2216	2229	2242	2254	2267
24	2242	2249	2256	2263	2269	2276	2283
25	2292	2292	2292	2292	2292	2292	2292

26	2340	2334	2329	2323	2317	2312	2306
27	2396	2382	2369	2356	2342	2328	2315
28	2439	2418	2398	2378	2358	2338	2317
29	2488	2460	2432	2404	2376	2348	2321
30	2533	2498	2464	2430	2396	2362	2328

Коефіцієнт теплопровідності зернової маси пшениці і жита $\lambda = 0,398$ кДж/(м·К·год).

Температуропровідність характеризує здатність зерна пропускати температурну хвилю, а обернена їй величина – температурну інерцію зерна. Чим вище значення температуропровідності, тим більша швидкість поширення температурної хвилі (ізотерми) і менша різниця температур між різними точками зернової маси.

Високе значення температуропровідності сприяє більш рівномірному нагріванню або охолодженню зерна. Але зернова маса характеризується дуже низьким значенням температуропровідності, яка приблизно у 1000 разів нижча, ніж у алюмінію, а температурна хвиля поширюється в ній занадто повільно (на 20 мм за 150 с). У зерновому шарі з підвищенням вологості від 10 до 25% температуропровідність безперервно знижується, наприклад для пшениці від $91,5 \cdot 10^{-9}$ до $72,2 \cdot 10^{-9}$ м^2/с.

Температуропровідність окремих зернин приблизно в два-три рази вища, ніж зернового шару.

2.2. Кінетика процесу сушіння

Теорія сушіння різних твердих тіл включає три основні розділи: статику, кінетику та динаміку.

Статика вивчає взаємодію вологого матеріалу з повітрям до досягнення стану рівноваги. У статиці висвітлюються механізм процесу випаровування води з вільної поверхні та пов’язані з ним ізотерми сорбції і десорбції (зволоження та сушіння) матеріалу без розгляду тривалості цього процесу.

Кінетика вивчає характер проходження процесу з часом, у тому числі зміну швидкості сушіння залежно від параметрів агента сушіння – його температури, вологості та швидкості.

Під кінетикою процесу сушіння розуміють зміни середнього вологовмісту $\overline{u}(\tau)$ та середньої температури $\overline{\theta}$ тіла протягом певного часу. Ці закономірності кінетики процесу сушіння дають змогу розрахувати кількість випареної вологи із матеріалу та витрати теплоти на його сушіння. Часові зміни середніх вологовмісту і температури тіла насамперед визначаються закономірностями взаємодії його з навколишнім середовищем, тобто зовнішнім тепловологоперенесенням.

Динаміка ґрунтується на вивченні форм зв'язку вологи з матеріалом, характері її переміщення та зміни властивостей матеріалу під час сушіння, тобто на вивченні механізму процесу залежно від фізико-хімічних властивостей матеріалу, а також тепловологого обміну поверхні матеріалу з навколишнім середовищем.

Отже, питання кінетики та динаміки сушіння зерна тісно переплітаються між собою.Положення кінетики та динаміки сушіння зерна мають слугувати науковим обґрунтуванням вибору режимів сушіння зерна, інтенсифікації процесу, проектування нових типів і реконструкції діючих зерносушарок.

2.3. Структура волого обмінних процесів сушіння

При найпоширенішому конвективному сушінні зернину обтікає агент сушіння і біля її поверхні утворюється примежовий шар, через який відбуваються передача теплоти від агента сушіння до поверхні зернини та дифузія молекул пари з поверхні в зовнішнє середовище.

Примежовий шар – це додатковий опір випаровуванню вологи із зерна і його параметри (товщина, температура) дуже впливають на весь процес сушіння. В цьому шарі градієнти швидкості та температури агента сушіння спрямовуються від поверхні зернини, а градієнт парціального тиску пари – у зворотному напрямку.

Таким чином, у безпосередній близькості до поверхні зернини швидкість агента сушіння дорівнює 0, а його температура наближається до температури θ поверхні зернини (мається на увазі, що температура агента сушіння завжди вища від температури зерна). Парціальний тиск пари у цій зоні дорівнює парціальному тиску

насиченої пари P_i при температурі θ поверхні зернини. В міру віддалення від поверхні зернини ці параметри поступово змінюються і на поверхні примежового шару дорівнюють відповідним параметрам агента сушіння.

Товщина гідродинамічного примежового шару залежить в основному від стану поверхні та форми зернини і вона прямо пропорційна в'язкості агента сушіння та обернено пропорційна швидкості його руху, а також залежить від напрямку потоку агента сушіння. Це пояснюється тим, що при зміні кута напряму руху агента сушіння до поверхні без зміни його швидкості зменшується товщина проміжного шару внаслідок його турбулізації, а отже збільшується інтенсивність випаровування вологи із зерна.

Механізм випаровування вологи із зернини під час її сушіння показано на рис. 2.3.

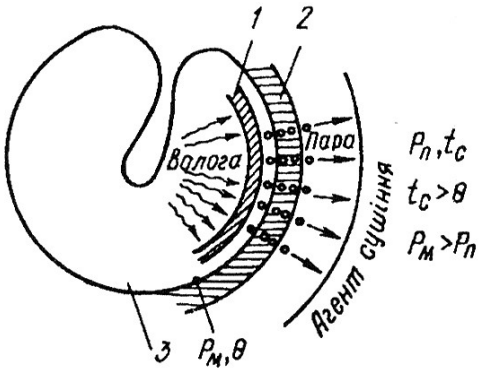


Рис. 2.3. Схема механізму видалення вологи із зернини

Уздовж поверхні вологої зернини *3* рухається агент сушіння з певними параметрами P_n, t_c. Теплота від нього конвективним способом передається зернині, її поверхня нагрівається до температури θ, і частина вологи, що знаходиться біля поверхні, випаровується. Як наслідок, по товщині зернини утворюються градієнти (перепади) вологовмісту, температури та тиску, під дією яких волога безперервно підводиться до поверхні та випаровується. Молекули пари дифундують крізь проміжний шар *2* та поглинаються агентом сушіння. Обов'язковою умовою випаровування вологи з поверхні зернини є наявність різниці між парціальним тиском$P_м$ на її поверхні та в агенті сушіння ($P_м > P_n$).

Волога випаровується не з поверхні зернини, а з деякої зони I, розташованої у периферійній частині зернини. Більше того, положення цієї зони не лишається сталим; вона поступово рухається (поглиблюється) всередину зернини.

Початок поглиблення зони випаровування багато дослідників пов'язують з початком видалення із зерна зв'язаної вологи. При поглибленні зони випаровування поверхня зернини залишається зневодненою, позбавленою захисної властивості, через що вона може нагріватися до високих температур (близьких до t_c).

Процес тепловологообміну між вологим зерном і агентом сушіння настільки складний, що оцінити його кількісно дуже важко. Дійсно, товщину проміжного шару біля поверхні вологого зерна та закономірності зміни в цьому шарі градієнтів швидкості, температури агента сушіння і парціального тиску пари при неперервній їх зміні визначити важко. Крім того, товщина та розташування зони випаровування не піддаються обліку. Нарешті, під час сушіння зерна інтенсивність випаровування вологи значною мірою визначають не параметри агента сушіння, а внутрішнє перенесення вологи. При цьому інтенсивність потоку вологи безперервно зменшується внаслідок видалення із зернини все більш міцно зв'язаної вологи. До того ж зернина має складну форму, різні будову та хімічний склад на окремих ділянках. Все це дуже ускладнює здобуття числових значень теплових і волого обмінних коефіцієнтів.

У зв'язку з цим визначенням інтенсивності вологообміну з навколишнім середовищем при сушінні зерна розв'язують задачу вологопровідності з урахуванням примежових умов у зоні випаровування вологи. З цією метою спочатку задають розподіл вологості всередині зерна в початковий момент часу (початкова умова) та закон взаємодії між поверхнею зерна і навколишнім середовищем (примежові умови).

Внутрішнє тепловологоперенесення в зернині

На початку процесу сушіння, коли прогріваються поверхневі шари зернини, вологість їх стає вищою від рівноважної. Тому волога з поверхні зернини починає випаровуватися і виходить у вигляді пари в зовнішнє середовище. Отже, з самого початку процесу сушіння поле вологості по перерізу зернини стає неоднорідним: на її поверхні

вологість менша, ніж усередині. В зернині виникає градієнт концентрації вологи, під дією якого волога у вигляді рідини пересувається до поверхні.

По мірі випаровування вологи із зернини градієнт її концентрації зменшується. Знижується також кількість вологи, що надходить до поверхні, внаслідок чого безперервно зменшується вологовміст поверхні зернини. Нарешті настає момент, коли кількість вологи, яка надходить із зернини до поверхні, досягає такого значення, при якому її вологовміст дорівнює гігроскопічному. Цей момент визначається на кривій сушіння зерна першою критичною точкою.

Подальше зниження кількості води, що надходить із зернини, призводить до поглиблення зони випаровування з поверхні всередину зернини. У міру її поглиблення середня температура зернини підвищується, а температура її поверхні наближається до температури агента сушіння. При цьому змінюється також механізм перенесення вологи в зернині: волога із центра доходить до зони випаровування у вигляді рідини, а від цієї зони до поверхні зернини вона рухається вже у вигляді пари.

Описаний механізм руху вологи всередині зернини спостерігається лише при відносно низьких температурах агента сушіння та невеликій швидкості сушіння. В разі інтенсифікації сушіння поверхня випаровування починає поглиблюватися всередину зернини з самого початку процесу, причому вологовміст зони випаровування наближається до значення рівноважного вологовмісту.

Прогрівання зернини зумовлює появу в ній не тільки градієнта вологості, а й градієнта температури, під дією якого також всередині зернини рухається волога. Цей її рух називають термовологопровідністю, або термодифузією.

Термовологопровідність є причиною руху вологи в напрямку теплового потоку. При конвективному сушінні градієнт температури спричинює потік вологи від поверхні зернини до її центру, тобто, протилежний потоку вологи, зумовленому градієнтом вологовмісту. Термовологопровідність у цьому разі перешкоджає руху вологи із зернини до її поверхні. При охолодженні зернини напрямки потоків вологопровідності збігаються.

Якщо під час сушіння інтенсивність утворення пари більша, ніж швидкість її перенесення із зони випаровування в зовнішнє середовище, то волога всередині зернини може рухатися завдяки градієнту загального тиску. При конвективному сушінні градієнт загального тиску виникає, якщо температура зернини $\theta > 100°C$, а при інтенсивних методах сушіння (наприклад, у полі струмів високої частоти) – і при більш низьких температурах.

Зерно – волого-інерційний матеріал, процес сушіння його обмежується внутрішнім перенесенням вологи. Тому при будь-яких способах інтенсифікації цього процесу слід досягати певної відповідності між інтенсивністю випаровування вологи з поверхні зерна та внутрішнім вологоперенесенням. Найраціональніше використовувати такі методи та режими сушіння, коли поряд з інтенсифікацією зовнішнього тепловологообміну досягається збільшення швидкості внутрішнього вологоперенесення, при якому зона випаровування розташовується якомога ближче до зовнішньої поверхні зернини. Тому для інтенсифікації процесу сушіння необхідно збільшувати коефіцієнт дифузії вологи попереднім нагріванням зерна.

2.4. Класифікація сушарок зерна

Сучасні зерносушарки повинні забезпечувати:

-повне зберігання або покращення якості зерна, а отже рівномірне нагрівання та сушіння його;

- одночасне сушіння зерна різної вологості;

- висушування зерна будь-якої початкової вологості до кінцевої за одне проходження;

- сушіння зерна без його попереднього очищення;

- безперервне приймання зерна, тобто його сушіння в потоці надходження зерна;

- виключення виносу та механічного пошкодження зерна;

- ефективне охолодження зерна;

- порівняно низькі витрати палива, електроенергії, капітальні вкладення.

Зерносушарки мають бути: універсальними щодо можливості сушіння зерна різних культур; екологічно безпечними, тобто виключати забруднення зерна та навколишнього середовища шкідливими речовинами; пожежобезпечними; простими в обслуговуванні та автоматично регульованими.

Класифікувати зерносушарки доцільно за такими ознаками: способом підведення теплоти, станом зернового шару, конструкцією сушильної камери, режимом роботи, принципом дії та конструктивними ознаками, так і за характером процесу сушіння зерна в них.

За способом підведення теплоти розрізняють конвективні та кондуктивні (контактні) зерносушарки. У більшості сучасних зерносушарок використовують конвективний або комбінований (конвективно-кондуктивний) метод сушіння зерна.

За станом зернового шару розрізняють сушарки зі щільним нерухомим, гравітаційнорухомим, псевдозрідженим, падаючим і зваженим шарами. Широко застосовуються сушарки, в яких зерно висушують у шарах з різним станом зерна.

За конструкцією сушильної камери розрізняють шахтні, барабанні, камерні, трубні та інші сушарки. Вони можуть складатися з однієї або кількох сушильних камер однакової конструкції, що працюють паралельно або послідовно. Велику групу складають зерносушарки, які мають камери різної конструкції з різним станом зернового шару. Такими є сушарки з попереднім нагріванням і рециркуляцією зерна, до складу яких входять, наприклад, пневмотруба та шахта, камера з падаючим шаром зерна та шахта, камера з псевдорозрідженим шаром і шахта.

Найпоширеніша конструкція зерносушильної камери – це шахта прямокутного перерізу, всередині такої камери розміщують стрижні або гірлянди конусів чи куль.

У барабанних зерносушарках сушильна камера – це барабан, що обертається і всередині якого міститься насадка у вигляді лопатей, які розпушують та пересипають зерно під час його руху вздовж барабана.

Камерна сушарка – це прямокутна камера з похилим або горизонтальним сітчастим днищем. За режимом роботи розрізняють зерносушарки періодичної та безперервної дії. У періодично діючих

сушарках зерно завантажують у робочу камеру на повну її місткість, висушують до потрібної вологості і потім розвантажують камеру.

Переваги таких сушарок – простота конструкції та регулювання режиму сушіння зерна. У нашій країні камерні сушарки періодичної дії використовують для сушіння кукурудзи у качанах.

Їх також можна застосовувати для сушіння окремих партій насіннєвого та продовольчого зерна. Недоліки сушарок періодичної дії – перерви в роботі під час завантаження зерна, непродуктивна витрата теплоти на прогрівання сушарки після завантаження чергової партії зерна.

У безперервнодіючих сушарках зерно рухається від місця завантаження до місця його випускання під дією гравітаційних сил. Перевагами таких сушарок є: повніше використання сушильної камери, оскільки практично виключаються їхпростої під час завантаження та розвантаження зерна; кращі умови для контролю та автоматизації процесу його сушіння; можливість застосування в потокових технологічних лініях. До недоліків деяких конструкцій безперервнодіючих сушарок слід віднести нерівномірність руху зерна у сушильній камері і внаслідок цього нерівномірність його нагрівання та сушіння.

За принципом дії розрізняють прямоточні та рециркуляційні зерносушарки. У перших зерно проходить через сушильну камеру один раз, при цьому вологість його зменшується не більш як на 6 – 7%. При необхідності більшого зниження вологості зерна застосовують дво- або трикратне пропускання його через сушарку. Повторне сушіння сирого зерна ускладнює поточну обробку, різко знижує коефіцієнт використання сушильних потужностей. Для прямоточних сушарок необхідно мати партії зерна майже з однаковою початковою вологістю (її відмінність не повинна перевищувати 2…3%).

У рециркуляційних сушарках на відміну від прямоточних, частина зерна, що випускається, змішується з сирим зерном і знову повертається в сушарку. Зерно сушиться до кінцевої вологості за однин пропуск через сушарку.

За конструктивним виконанням розрізняють стаціонарні та пересувні зерносушарки. Перші розміщують в робочих баштах

елеваторів або в сушильно-очисних баштах (СОБ), окремих спорудах чи на відкритих площадках поруч із силосними корпусами, у розриві між робочою баштою та силосним корпусом, біля складів. Пересувні сушарки використовують для сушіння невеликих партій зерна. Такі сушарки можна переміщувати на буксирі по дорогах, а також залізницею.

2.5. Технологічний регламент процесу сушіння. Режими сушіння зерна

Своєчасне і правильно проведене сушіння зерна не тільки підвищує його стійкість під час зберігання, а й поліпшує продовольчі та насіннєві якості зерна. В результаті сушіння прискорюється післязбиральне дозрівання, вирівнюється вологість, поліпшуються колір, зовнішній вигляд та інші технологічні властивості зерна. Сушіння позитивно впливає на вихід і якість продукції у процесі переробки зерна в борошно та крупу, поліпшує технологічні властивості.

Під режимом сушіння зерна розуміють сукупність певних параметрів агента сушіння та зерна.

Температура та відносна вологість зовнішнього повітря на процес сушіння зерна у сушарці не впливають; але від їх значення залежать витрати палива та ступінь охолодження зерна в охолоджувальній камері: зі зниженням при постійній температурі агента сушіння витрати палива та витрати теплоти в зовнішнє середовище зростають.

Відносна вологість агента сушіння в шахтних зерносушарках коливається в межах, що перевищують 0,5 %. Тому зміни на процес сушіння зерна не впливають і їх не враховують.

Температура та відносна вологість відпрацьованого агента сушіння є показниками правильного режиму сушіння зерна й водночас критерієм економічності процесу: наближення значення до температури нагрівання зерна свідчить про підвищення ступеня використання теплоти агента сушіння.

Вологість зерна ω_k на виході із сушарки вибирають виходячи з оптимальних умов його зберігання та переробки.

Температура зерна, що надходить у сушарку, впливає на інтенсивність процесу сушіння та витрату теплової енергії. Чим вище t зерна, тим менше часу витрачається і теплоти на нагрівання зерна до максимальної температури. В цьому разі процес сушіння зерна проходить при більш високій середній температурі його нагрівання, що призводить до збільшення середньої швидкості сушіння зерна.

Температура зерна на виході із охолоджувальної камери залежить від продуктивності сушарки та стану зовнішнього повітря і не повинна перевищувати більш як на 10°С.

Швидкість агента сушіння залежить від стану зернового шару та конструктивних особливостей сушарок і коливається в межах від 0,2…0,5м/с у шарі зерна в шахтах сушарок до 5,5…6 м/с у камерах із нагріванням зерна в падаючому шарі. Зі збільшенням швидкості агента сушіння швидкість процесу сушіння зерна значно зростає. Як правило, під час роботи зерносушарки швидкість агента сушіння не змінюють. Тому, характеризуючи режим сушіння зерна швидкість агента сушіння не вказують.

До основних параметрів, що визначають режим сушіння зерна, належать температура агента сушіння, початкова вологість та гранично допустима температура нагрівання зерна.

Температура агента сушіння перед сушильною камерою визначає інтенсивність процесу нагрівання зерна та видалення з нього вологи; зростання температури пов’язано з підвищенням кількості теплоти, що підводиться до зерна. У зв’язку з цим прагнуть до збільшення температури, але максимальне її значення обмежене умовами зберігання якості зерна.

Початкова вологість зерна вагомо впливає на інтенсивність процесу його сушіння і визначає вибір гранично допустимих температур нагрівання зерна та максимальних температур агента сушіння. Для більшості культур з підвищенням початкової вологості зерна характерним є зниження його термостійкості, а це означає зниження температури агента сушіння та гранично допустимої температури нагрівання зерна.

Одним із головних і найважливіших параметрів режиму сушіння зерна є гранично допустима температура його нагрівання. Застосовуючи граничні значення, при яких повністю зберігаються

показники якості зерна, можна дістати максимальну інтенсивність процесу його сушіння.

Режим сушіння, при якому забезпечується висока якість зерна та досягаються найкращі техніко-економічні показники роботи сушарки, називають оптимальним.

Умовно розрізняють *м'який* і *жорсткий* режими сушіння зерна. Перший характеризується відносно невисокими температурою та швидкістю агента сушіння. При м'якому режимі процеси нагрівання і сушіння зерна проходять з відносно невисокою швидкістю. Жорсткий режим характеризується підвищеними температурою та швидкістю агента сушіння.

З економічної точки зору процес сушіння зерна бажано проводити при жорсткому режимі з більш коротким строком процесу. Скоротити тривалість дії теплоти на зерно краще також і в технологічному відношенні. Чим менше знаходиться зерно в нагрітому стані, тим більша гарантія збереження його якості.

Разом з тим при жорсткому режимі сушіння внаслідок інтенсивного нагрівання та обезводнення зерна можливе погіршення його якості через деформацію тканин і їх мікророзтріскування. Особливо згубно діє швидкісне сушіння на круп'яні бобові культури, а також на зерно насіннєвого призначення. Але й м'який режим сушіння сам по собі ще не гарантує зберігання якості зерна. Якщо сушіння триває занадто довго, як, наприклад, у бункерах, що вентилюються, або в нерухомому шарі, то зерно пліснявіє.

За несприятливих умов процес сушіння може негативно вплинути на вміст поживних речовин у зерні. При його перегріванні втрачаються вітаміни, відбуваються небажані зміни у білках, амінокислотах, вуглеводах, жирах. На вибір режиму сушіння сильно впливають спосіб збирання і ступінь зрілості зерна. Свіжозібране зерно відрізняється від того, що відлежалося у валках. В ньому завжди є зернини різних ступенів зрілості та вологості, які мають різну термостійкість.

При виборі режимів сушіння зерна слід також приділяти увагу зберіганню біологічно активних речовин – ліпідів, що, відіграють важливу роль в оцінці поживних цінностей зерна. Тому рекомендується сушити зерно пшениці при порівняно м'яких

температурних режимах.

Якість зерна після сушіння залежить від механізму перенесення вологи. Ідеальним можна вважати такий режим сушіння, при якому зона випаровування знаходиться біля поверхні зерна. Волога у цьому разі рухається всередині зерна у вигляді рідини, виключається перегрівання його поверхні завдяки охолоджувальній дії процесу випаровування вологи з поверхні зернини. Відповідним підбором параметрів процесу сушіння можна уповільнити поглиблення зони випаровування всередину зерна і тим самим створити умови для його рівномірного сушіння.

Інтенсивність сушіння визначається насамперед швидкістю підведення вологи ізсередини зерна до його поверхні. Чим вища температура зерна, тим з більшою швидкістю переміщується в ньому волога. Для прискорення процесу сушіння дуже ефективним є попереднє нагрівання зерна. Його проводять при підвищеній вологості повітря з тим, аби підведена теплота втрачалася тільки на нагрівання зерна. Далі його висушують при температурі, близькій до гранично допустимої, що забезпечує високу швидкість сушіння зерна.

Режим сушіння нерозривно пов’язаний із методом сушіння та з конструктивними особливостями зерносушарок. У шахтних прямоточних і рециркуляційних сушарках без додаткових пристроїв для нагрівання зерна застосовують *одноступінчасті* режими, при яких у зону сушіння подають агент сушіння певної температури.

Найпоширенішими в нашій країні є *двоступінчасті* режими сушіння зерна. При його сушінні у прямоточних зерносушарках здебільшого використовують висхідні температурні режими. При цьому в першу зону сушіння або при першому проходженні зерна через сушарку, коли воно має більш високу вологість та меншу термостійкість, подають агент сушіння трохи меншої температури, а в другу зону або при повторному проходженні зерна через сушарку, коли його вологість уже нижча і термостійкість вища, – з підвищеною температурою, завдяки чому зерно нагрівається до більш високої температури.

При сушінні рису-зерна та кукурудзи для крохмале-патокової промисловості застосовують низхідний температурний режим. Це пов’язано з необхідністю зменшити утворення тріщин у зернині,

кількість яких особливо різко зростає при зниженій вологості зерна, і запобігти зниженню виходу крупи та якості сировини для крохмале-патокової промисловості.

Під час сушіння пшениці використовують *диференційовані* режими, при яких гранично допустима температура нагрівання зерна і температура агента сушіння залежать від початкової якості клейковини – міцної, доброї або слабкої. Сушіння пшениці зі слабкою клейковиною при підвищеній температурі приводить до зміцнення клейковини, а отже, поліпшення її якості.

Розрізняють режими з *безперервним* та *імпульсним (періодичним)* підведенням теплоти. В шахтних прямоточних зерносушарках застосовують режими сушіння з неперервним підведенням теплоти. Для прискорення сушіння зерна в шахтних рециркуляційних і камерних сушарках використовують режими з імпульсним підведенням теплоти, які ще називають *осцилюючими.* Є два варіанти таких режимів: з чергуванням подачі агента сушіння та атмосферного повітря в сушильну зону або з періодичною подачею в неї тільки агента сушіння.

Перерви у подачі агента сушіння або короткочасне охолодження зерна сприяють вирівнюванню температури та вологості в окремих зернинах. Крім того, така організація процесу дає змогу інтенсифікувати сушіння завдяки більш високим температурам агента сушіння, а при охолодженні зерна — завдяки посиленню внутрішнього вологоперенесення в зернині при збігу напрямків градієнтів вологовмісту та температури.

У зерносушарках типів РД, У2-УЗБ, «Цілинні» застосовують складніший осцилюючий режим, який є комбінацією різних методів сушіння та станів зернового шару. Цей режим включає: короткочасне нагрівання суміші сирого і рециркулюючого зерна високотемпературним агентом сушіння в падаючому шарі; контактний тепловологообмін між рециркулюючим і сирим зерном; проміжне охолодження рециркулюючого зерна у щільному малорухомому шарі та випаровування з нього вологи; кінцеве охолодження зерна у щільному малорухомому шарі.

Велике значення для підвищення ефективності сушіння та зберігання якості зерна має *ізотермічний* режим. Від осцилюючих

режимів він відрізняється тим, що замість проміжного охолодження рециркулюючого зерна здійснюють продування його агентом сушіння з невисокою температурою (80...100 °С), що значно інтенсифікує процес сушіння зерна, температура якого весь час залишається на рівні гранично допустимої для процесу.

Вибір граничних значень основних параметрів процесу нагрівання зерна

Гранично допустима температура зерна. Значення 0°С треба вибирати залежно від біохімічних змін, що відбуваються в білковому комплексі зародка та ендосперму. Ці зміни характеризуються *ступенем денатурації білка* – складною функцією температури зерна, його вологості, тривалості нагрівання, а також властивостей білка.

У кількісному відношенні дія цього комплексу чинників визначається швидкістю денатурації, пропорційною концентрації води (вологості зерна) та температурі зерна. Так, із підвищенням температури зерна на 10°С (при постійній вологості) швидкість денатурації зростає в два — чотири рази; із збільшенням вологості при постійній температурі швидкість денатурації зерна також підвищується, причому збільшення вологості на 3...4 % еквівалентно підвищенню температури на 10 °С. У початковій стадії денатурації спостерігається зворотний процес, тобто процес ренатурації. Завдяки цьому при тривалому зберіганні зерна розчинність альбумінів і глобулінів, а також енергія проростання та схожість частково або повністю відновлюються.

Можна встановити межу нульового ступеня денатурації для певної культури. Так, при сушінні зерна продовольчої пшениці денатурація білків ендосперму (гліадіну та глютеніну) на 1...2 % (початок денатурації) її хлібопекарські властивості не змінює, а денатурація гліадіну на 8...9 % супроводжується різкою зміною фізичних властивостей пшениці (грудочки клейковини погано злипаються, гідратаційна здатність її знижується, вихід сухої та сирої клейковини різко зменшується).

Гранично допустиму температуру зерна насіннєвого призначення встановлюють, виходячи з умов зберігання енергії його проростання та схожості. Із збільшенням вологості та тривалості перебування зерна в нагрітому стані гранично допустиму температуру

його знижують.

Гранично допустиму температуру зерна культур, що мають щільну оболонку (бобові), вибирають, виходячи з умов зберігання цілісності оболонок і ядра, а круп'яних культур (гречка, просо, рис) – забезпечення високого виходу та якості крупи.

Гранично допустима температура агента сушіння. Її вибирають, виходячи з установлених значень максимальної температури зерна, його початкової вологості, а також способу ведення процесу. Перевищення гранично допустимої температури агента сушіння може призвести до небажаних процесів: запарювання та загартовування оболонок зернин.

Запарювання спостерігається при сушінні зерна підвищеної вологості з низькою початковою температурою внаслідок дії на нього високих температур агента сушіння. При цьому на холодній поверхні зернин конденсується багато раніше випареної вологи з виділенням теплоти. Процес супроводжується зволоженням зернової маси та підвищенням її температури, що може зумовити зниження насіннєвих і технологічних властивостей зерна. Запарювання зернин може відбутися через недостатню витрату агента сушіння. При сушінні зерна в шахтних прямоточних сушарках запарювання легко уникнути, якщо у верхній частині сушарки товщина продувного шару зерна буде мінімальною, а швидкість агента сушіння – максимальною. Експлуатація сушарок показує, що при товщині продувного зернового шару близько 100 мм (у разі діагонального розташування підвідних і відвідних коробів, використання коробів-жалюзі) запарювання зерна не відбувається.

Основною ознакою загартовування оболонок зернин є втрата ними здатності пропускати вологу. Найвірогіднішим є загартовування свіжозібраного зерна, оболонки зернин якого мають знижену вологопровідність. Загартовування пов'язане з різким підсушуванням незатверділих оболонок зернин, внаслідок чого вологопровідні капіляри їх звужуються і оболонки стають вологонепроникливими. Поряд із закриттям шпарин оболонок в алейроновому шарі та прилеглих до нього периферійних частин ендосперму відбуваються складні біохімічні зміни, коагуляція білкового комплексу і декстринізація крохмалю. Ці зміни пов'язані з накопиченням водяної

пари під оболонками зернин при різкому зниженні їх вологонепроникливості.

Для попередження загартовування свіжозібраного зерна у прямоточних сушарках треба знижувати як температуру агента сушіння, так і температуру зерна. Досвід експлуатації рециркуляційних сушарок при сушінні свіжозібраного зерна показує, що при температурі агента сушіння до 400 °С загартовування оболонок зернин не відбувається.

Режими сушіння продовольчого та кормового зерна

Пускати в хід сушарку потрібно: при наявності сирого та вологого зерна; з метою оздоровлення зерна, що гріється, коли немає можливості ліквідувати його самозігрівання іншими засобами; при наявності зерна, зараженого шкідниками хлібних запасів, і неможливості знезаразити його іншим способом; якщо надійшло спеціальне завдання на зниження вологості зерна до необхідних кондицій.

У першу чергу сушать партії зерна, що мають найбільшу вологість, а також розміщені на відкритих майданчиках і складах, не обладнаних установками для активного вентилювання зерна. При наявності великої кількості сирого та вологого зерна, а також зерна, зараженого шкідниками хлібних запасів, насамперед сушать зерно, що має більшу вологість, температуру та зараженість. При наявності зерна різних культур в першу чергусушать зерно пшениці твердих і цінних сортів, а також культур, менш стійких при зберіганні (рис, насіння соняшнику, просо).

Таблиця 2.2

Стан зерна за вологістю

Культура	Вологість зерна, %			
	Сухого (до)	Середньої сухості	Вологого	Сирого
Пшениця, жито, овес, ячмінь, рис, кукурудза (в зерні)	14	14...15,5	15,5...17	17
Горох, кормові боби, чина, нут	14	14...16	16...18	18

Просо, сорго	13,5	13,5...15	15...17	17
Кукурудза (в качанах), квасоля, дрібнонасіннєва сочевиця, яра віка	16	16...18	18...20	20
Тарілчана сочевиця	14	14...17	17...19	19
Соняшник	7	7...8	8...10	10
Ріпак	9	9...11	11...13	13
Рицина	6	6...7	7...9	9
Соя	12	12...14	14...16	16

Партії зерна для сушіння в шахтних прямоточних сушарках слід формувати з урахуванням стану за вологістю (табл.2.2): вологе; сире (крім зерна рису) вологістю до 22 %; сире вологістю вище 22 % (з інтервалом у 6 %); зерно рису вологістю вище 17 % (з інтервалом у 3 %). На рециркуляційні сушарки допускається подавати зерно без формування партій за вологістю.

При наявності зерна, що потребує сушіння, сушарки працюють цілодобово. Для стаціонарної сушарки місячний нормативний період роботи встановлюється тривалістю 615 год, для пересувної – 540 год. Час, що залишається, відводиться для чищення сушарки при переході з однієї культури на іншу, планово-профілактичного ремонту, перевезення та встановлення пересувних сушарок на території підприємства.

Для використання повної потужності зерносушарок створюють запаси палива з розрахунку двадцятиденної потреби та швидкозношуваних деталей.

У письмовому розпорядженні на сушіння, яке видає начальник виробничо-технологічної лабораторії, вказують: сушарку, в якій має сушитися зерно даної культури (партії); необхідність попереднього очищення зерна на сепараторах; початкову і кінцеву його вологість; температуру агента сушіння та гранично допустиму температуру зерна; питому витрату агента сушіння і тривалість процесу (для зерносушарок періодичної дії); місце зберігання просушеного зерна.

Для зберігання сирого та просушеного зерен виділяють спеціальні бункери або силоси, які забезпечують безперебійну роботу зерносушарок.

Зерно перед сушінням у прямоточних і рециркуляційних сушарках (без додаткових пристроїв для нагрівання зерна) має бути

очищене на зерноочисних машинах від великих та легких домішок, а перед сушінням у рециркуляційних сушарках з нагріванням зерна в камерах з падаючим шаром – тільки від грубих домішок.

Організують також кількісний облік зерна до і після його сушіння. За кількісне та якісне збереження зерна під час сушіння несуть відповідальність зерносушильник і лаборант, який контролює процес сушіння.

Продовольче, кормове зерно та насіння олійних культур сушать відповідно до режимів, установлених Інструкцією із сушіння продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок, наведених у табл.2.3, 2.4, 2.5.

При сушінні не допускається зниження хлібопекарських, продовольчих і кормових якостей культур. Залежно від подальшого призначення (переробки або зберігання) зерно сушать до вологості, вказаної в табл. 2.6.

Пересушувати зерно нижче зазначених у табл. 2.6 нижніх границь вологості забороняється. Відповідальність за пересушування зерна несуть зерносушильник, сушильний майстер і начальник виробничо-технологічної лабораторії.

Таблиця 2.3

Вищі граничні значення температур агента сушіння та зерна в шахтних прямоточних сушарках

Культура	Початкова вологість зерна, %	Проходження через сушарку	Гранична температура зерна, ˚С	Гранична температура агента сушіння, ˚С		
				При одноступінчастому режимі	При двоступінчастому режимі	
					I зона	II зона
Пшениця продовольча:						
з міцною клейковиною (до 40 од. ВДК)	≤ 20	—	45	120	110	130
	> 20	Перше	40	90	80	100
		Друге	45	110	100	120
з доброю клейковиною (45—75 од. ВДК)		—	50	140	130	150
	≤ 20	Перше	45	110	100	120
	> 20	Друге	50	130	120	140
зі слабкою клейковиною (більш як 80 од. ВДК)		—	60	150	140	100
	≤ 20	Перше	55	120	по	130
	> 20	Друге	60	140	130	150
сильна, тверда та цінних сортів	≤ 20	—	50	100	100	по

	> 20	Перше Друге	45 50	90 100	90 100	100 110
Ячмінь пивоварений	≤ 19	—	45	40	70	80
Жито продовольче	Незалежно від початкової вологості		60	160	130	160
Ячмінь продовольчий та кормовий						
Насіння соняшнику	≤ 15	—	55	120	120	135
	≤ 20	—	55	115	115	130
	>20	Перше Друге	55 55	110 115	110 115	125 130
Кукурудза:						
для харчоконцентратного виробництва	≤19	—	35	60	60	60
	> 19	Перше Друге	30 35	50 60	50 60	50 60
	Незалежно від початкової вологості		45	120	130	110
	Те саме		50 50 40	150 140 80	130 130 80	160 160 100
	Те саме		35	70	70	60
	Те саме		40	90	90	по
	≤ 20 >20		40 35	70 60	70 60	80 70
	≤ 20 >20		45 40	80 70	80 70	100 90
	≤ 19 >19		30 25	60 50	60 50	80 70

Таблиця 2.4

Вищі граничні значення температур агента сушіння та зерна врецирку-ляційних сушарках із нагріванням зерна в камерах з падаючим шаром

Культура	Початкова вологість зерна, %	Гранична температура зерна, ˚С	Гранична температура агента сушіння в камері нагрівання, ˚С
Пшениця продовольча: з міцною клейковиною (до 40 од. ВДК)	≤ 20 > 20	50 45	300 250

з доброю клейковиною (45...75 од. ВДК)	≤ 20	60	350
	> 20	55	330
зі слабкою клейковиною (більш як 80 од. ВДК)	≤ 20	65	370
	> 20	60	350
сильна, тверда та цінних сортів	≤ 20	55	330
	> 20	50	300
Ячмінь:			
продовольчий та кормовий	≤ 20	60	350
пивоварений	> 20	55	330
	≤ 19	50	300
Жито продовольче	Незалежно від початкової вологості	60	350
Овес	Те саме	55	330
Просо			
	≤ 20	50	300
	≤ 25	45	250
	>25	40	210
Рис-зерно			
	≤ 20	55	330
	≤ 25	45	280
	>25	40	250
Гречка			
	≤ 20	60	350
	≤ 25	55	330
	>25	50	320
Насіння соняшнику			
	≤ 15	55	250
	≤ 20	55	220
	> 20	50	200

Таблиця 2.5

Вищі граничні значення температур агента сушіння зерна в шахтних рециркуляційних сушарках без додаткових пристроїв для нагрівання зерна

Культура	Початкова влогість зерна, %	Гранична тем-пература зерна ,°С	Гранична температура агента сушіння, ˚С		
			при односту-пінчастому режимі	при двоступінчастому режимі	
				I зона	II зона
Пшениця продовольча: з міцною клейковиною	≤ 20	45	120	110	130

(до 40 од. ВДК)	> 20	45	110	100	120
з доброю клейковиною	≤ 20	50	140	130	150
(45...75 од. ВДК)	> 20	50	130	120	140
зі слабкою клейковиною	≤ 20	60	150	140	160
(більш як 80 од. ВДК)	> 20	60	140	130	150
сильна, тверда та цін	≤ 20	50	105	100	110
них сортів.	> 20	50	95	90	100
Ячмінь пивоварений	≤ 19	45	75	70	80
Жито продовольче	Незалежно від початкової вологості	60	145	130	160
Ячмінь продовольчий та кормовий					
Насіння соняшнику	≤ 20	55	125	120	135
	> 20	55	120	110	125
Кукурудза:					
для харчоконцентратного виробництва	≤ 19	35	60	60	60
	> 19	30	50	50	50
для крохмале-патокового виробництва	Незалежно від початкової вологості	45	120	130	110
кормова	Те саме	50	140	130	160
Овес	-//-	50	140	130	160
Просо	-//-	40	80	80	100
Гречка	-//-	40	90	90	110
Рис-зерно	-//- *	35	70	70	60
Бобові (крім гороху та сої)	≤ 20	40	70	70	80
	> 20	35	60	60	70
Горох	≤ 20	45	80	80	100
	> 20	40	70	70	90
Соя	≤ 19	30	60	60	80
	> 19	25	50	50	70

*Для рису-зерна допускається зниження вологості не більше як на 10% початкової, після чого зерно має відлежатися не менше 2 год, а при необхідності пройти досушування до граничної вологості (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Гранична вологість (%), до якої має бути просушене зерно

Культура	На перероблення	На зберігання	На довгострокове зберігання(понад 1 рік)

	не вище	не нижче	не вище	не нижче	не вище	не нижче
Пшениця*:						
для борошномельного та комбікормового виробництва	15,5*	14,5	—	—	—	—
для круп'яного виробництва	14,5	13,5	—	—	—	—
на зберігання	—	—	15	14	14	13
Жито	15,5	14,5	15	14	14	13
Ячмінь:						
пивоварений I кл.	15	14	—	—	—	—
пивоварений II кл.	15,5	14,5	—	—	—	—
для круп'яного виробництва	14,5	13,5	—	—	—	—
для перероблення на солод у спиртовому виробництві	15,5	14,5	—	—	—	—
на зберігання	—	—	15	14	14	13
Овес:						
для круп'яного комбікормового виробництва та на корм	15,5*	14,5	—	—	—	—
для перероблення на солод у спиртовому виробництві	16	15	—	—	—	—
на зберігання	—	—	14,0	13,0	14,0	13,0
Просо:						
для круп'яного виробництва, переробку на солод у спиртовому виробництві	15*	14	—	—	—	—
на зберігання	—	—	14	13	13	12
Гречка	16*	15	15	14	14	13
Рис-зерно	15,5	14,5	14	13	14	13
Кукурудза:						
для круп'яного, борошномельного, крохмале-патокового та харчоконцентратного виробництва	15	14	—	—	—	—
для комбікормового виробництва	16	15	—	—	—	—
на зберігання	—	—	14	13	13	12
Насіння соняшнику:						
на зберігання	—	—	7	6	—	—
на перероблення для харчопродоволь-чих підприємств та олійних заводів, перелік яких затверджується Держкомхарчопромом і Міністерством сільського господарства та продовольства України	8	7	—	—	—	—
для решти харчопродовольчих підприємств таолійних заводів	9	8	—	—	—	—
Горох:						
для круп'яного виробництва	15	14	—	—	—	—
для консервного виробництва та торгівельної мережі	14	13	—	—	—	—
на зберігання	—	—	16	15	15	14
Соя:	14	13				

* Вологість пшениці, що відвантажується на борошномельні підприємства, які мають мийні машини, але не мають сушарок, повинна бути не більш як 13,5 % і не менш як 12,5 %. Вологість вівса та проса, що відвантажуються на круп'яні підприємства, які не мають сушарок, повинна бути не більш як 13,5% і не менш як 12,5%; гречки — не більш як 14,5 % і не менш як 13,5%. Перед відвантаженням на вказані підприємства зерно треба

досушити до необхідної вологості в кількості, передбаченій розпорядженням одержувача.

При сушінні в прямоточних сушарках зерна, призначеного для переробки на крупу, зниження вологості за одне проходження рису-зерна і сої не повинно перевищувати 3 %; проса, гречки – 2...3 %; гороху та ячменю –3,5...4 %; кукурудзи – 4,5...5,5 %**,** а в решті випадків і при сушінні інших культур – 6%. Якщо за одне проходження не можна висушити зерно до заданої вологості, то його слід сушити за кілька проходжень. Зерно після першого проходження подають на другу сушарку або в склад, обладнаний установками для активного вентилювання; при цьому до наступного проходження через сушарку необхідно забезпечити ретельний контроль за станом та якістю зерна.

На підприємствах, які мають достатню сушильну потужність, при сушінні пшениці продовольчого призначення з доброю клейковиною слід використовувати режими сушіння, що рекомендуються для сильної пшениці.

Зерносушильник зобов’язаний постійно стежити за температурою агента сушіння, не допускаючи відхилення її більш як на 5°С від заданого значення для прямоточних і рециркуляційних сушарок без додаткових пристроїв для нагрівання зерна на більш як 10˚С – для рециркуляційних сушарок із нагріванням зерна в камерах з падаючим шаром. Якщо температура агента сушіння недостатня, то слід збільшити подачу палива і повітря в топку.

Лабораторія підприємства має здійснювати систематичний контроль за дотриманням температурних режимів та якістю зерна при сушінні, для чого кожні 2 год лаборант відбирає проби зерна до і після його сушіння на аналізи. У цих пробах у лабораторії визначають температуру зерна, запах, колір, вологість, кількість та якість клейковини у пшениці, стан оболонок (підсмажені, потемнілі), зараженість. Для круп’яних культур, крім того, визначають наявність обрушених і битих зерен, а для рису-зерна — тріщинуватість. Про результати аналізів негайно сповіщають зерносушильника. Із контрольних проб зерна до і після його сушіння складають проби за зміну, в яких, крім зазначених показників, визначають натуру, сміттєві та зернові домішки.

Під час сушіння не повинно бути підсмажених зернин із розтрісканими і здутими оболонками, запахом диму, сірчаного газу, рідкого палива, а також з нальотом кіптяви і запарених; не повинно бути зниження кількості та якості клейковини (при сушінні пшениці), збільшення кількості битих і подрібнених зернин, підвищення тріщинуватості (при сушінні рису).

У разі відхилення вологості зерна після сушіння від заданої треба змінити час знаходження його в сушильній камері. Якщо вологість зерна після сушіння перевищує задану, то слід зменшити випуск сухого зерна із сушарки та подачу сирого зерна в неї.

Для досягнення рівномірного нагрівання і сушіння зерна необхідно підтримувати шахту в чистоті, регулярно очищати її від сміття, перевіряти стан коробів, наглядати за правильною роботою випускного механізму.

При погіршенні якості зерна треба зменшити температуру агента сушіння або збільшити випуск зерна із сушарки.

При сушінні насіння соняшнику слід виконувати такі вимоги: насіння вологістю вище 12 % необхідно сушити терміново; насіння вологістю нижче 12 %, яке чекає сушіння, треба тимчасово розмістити у складах, обладнаних установками для активного вентилювання; обов’язково слід очищати насіння на зерноочисних машинах перед подачею в сушарку.

Сушіння насіння соняшнику вологістю вище 12% на здвоєній зерносушарці ДСП-32от-2 доцільно проводитипослідовно. При цьому вентилятор охолоджувальної зонипершого агрегату треба вимкнути.

Під час сушіння насіння соняшнику необхідно: наглядати за постійним завантаженням надсушильного бункера, не допускаючи зниження рівня насипу менш як на 1 м; не рідшеодного разу за три дні звільняти сушарку від соняшнику, ретельно очищати її від сміття та продувати атмосферним повітрям; під час пуску в хід сушарки температуру агента сушіння установити не вище 80°С з наступним переходом на рекомендовану температуру (див. табл.2.3...2.5); при наявності в соняшнику сміттєвих та олійних домішок більш як 5 % максимальну температуру агента сушіння знизити на 10 °С в кожній зоні та на 20 °С в камері нагрівання з падаючим шаром; у рециркуляційних сушарках з розміщенням камери нагрівання над

тепловологообмінником рівень соняшнику в ньому підтримувати нижче звичайного, щоб відстань від нижнього пружка камери нагрівання до поверхні насипу була не менш як 1,2 м; не допускати зниження подачі рециркулюючого соняшнику в камеру нагрівання при працюючій топці.

Сушіння насіння соняшнику в рециркуляційних сушарках треба довіряти найдосвідченішим зерносушильникам.

Рис-зерно слід сушити з урахуванням таких вимог: зниження його вологості за одне проходження через прямоточну сушарку не повинно перевищувати 3 %, а через рециркуляиійну – 10 %; недосушений за одне проходження рис-зерно треба спрямувати в спеціально виділені оперативні ємності на відлежування, при цьому незалежно від вологості час відлежування має становити не менш як 2 год; охолоджувати рис-зерно необхідно тільки при останньому проходженні його через сушарку; при послідовному сушінні рису-зерна на двох сушарках охолоджувальну камеру першої з них потрібно використовувати як камеру для відлежування, зупинивши вентилятор.

Перед сушінням зерен кукурудзи та сої, що мають малу механічну міцність, слід здійснити такі заходи: скоротити до мінімуму кількість переміщень зерна; підвищити еластичність поверхонь, об які воно ударяється (стінки бункерів, самопливи головок норій та ін.); знизити швидкість падіння зерна; встановити гнучкі самопливи; обшити пружки ковшів норій еластичним матеріалом.

Режими сушіння насіннєвого зерна

На початку сушіння випускний механізм шахтних прямоточних і рециркуляційних зерносушарок регулюють на проходження насіннєвого зерна в кількості близько 50% продуктивності при сушінні цієї самої культури продовольчого призначення. Потім випуск зерна із сушарки збільшують залежно від допустимої температури насіння та його вологості на виході із сушарки. При сушінні насіннєвого зерна створюють умови, які повністю виключають погіршення його посівних властивостей. Гранично допустима температура зерна в коробах нижнього ряду сушильної шахти не повинна перевищувати

максимально допустиму.

Для сушіння насіннєвого зерна при початковій вологості до 19 % у сушарках шахтного типу використовують режими, зазначені в табл. 2.7. Якщо вологість зерна перевищує 19 %, то застосовують ступінчасті режими сушіння, знижуючи температуру зерна на 5 °С, а температуру агента сушіння у першій зоні – на 10 °С проти вказаної в табл. 2.7. Якщо конструкція сушарки не дає змоги використовувати ступінчасті режими сушіння, то насіннєве зерно сушать за два-три його проходження через сушарку.

Таблиця 2.7

Режими сушіння насіннєвого зерна у сушарках шахтного типу

Культура	Гранично допустима температура,˚С	
	зерна	агента сушіння
Пшениця, жито, ячмінь, овес, соняшник, гречка, просо	40	70
Горох, віка, сочевиця, квасоля, люпин, рис	35	60

При сушінні насіння рапсу в шахтних прямоточних сушарках орієнтовно дотримуються режимів, зазначених у табл. 2.8

Таблиця 2.8

Режими сушіння насіння рапсу в шахтних прямоточних сушарках

Вологість насіння, %	Гранично допустима температура, ˚С	
	насіння	агента сушіння
≤ 17	40	65
≤ 19	37	60
>19	35	55

При сушінні насіннєвого зерна в рециркуляційних зерносушарках, особливо з камерами нагрівання зерна в падаючому шарі, суворо дотримують температуру його нагрівання (табл. 2.10). Коливання температури агента сушіння при цьому можливе в межах ± 10 °С.

Відомо три методи сушіння насіннєвої кукурудзи: в качанах, у зерні, з попереднім підсушуванням у качанах до вологості 20 ... 24% і наступним досушуванням у зерні після обмолоту качанів зниженої вологості. У зерні насіннєву кукурудзу сушать в зерносушарках шахтного типу при одно-, дво- та триступінчастих режимах або два чи три рази пропускають через два спарених сушильних агрегати. Режими сушіння насіннєвої кукурудзи наведено в табл. 2.11, 2.12.

Таблиця 2.9

Диференційовані режими сушіння насіння гороху та сочевиці

Вологість насіння до сушіння, %	Режим сушіння	Гранично допустима температура, ˚С					
		агента сушіння для ступенів			зерна для ступенів		
		першого	другого	третього	першого	другого	третього
≤ 20	Одноступінчастий	60	–	–	35	–	–
20…25	Двоступінчастий	50	60	–	30	35	–
20…25	Триступінчастий	50	55	60	25	30	35
>25	Двоступінчастий	50	55	–	25	30	–
>25	Триступінчастий	50	50	60	25	30	35

Таблиця 2.10

Режими сушіння насіннєвого зерна в рециркуляційних зерносушарках з камерами нагрівання зерна в падаючому шарі

Культура	Початкова вологість зерна, %	Гранично допустима температура, ˚С	
		зерна	агентасушіння
Пшениця	<20	50	300
	20 ... 26	45	250
	> 26	40	220
Просо	<20	45	250
	> 20	40	250

Ячмінь	—	50	300
Жито	—	50	300

Таблиця 2.11

Режими сушіння насіннєвої кукурудзи в одинарних шахтних сушарках

Вологість зерна до сушіння, %	Проходження черезсушарку	Температура агентасушіння, ˚С	Гранично допустима температура зерна, ˚С
18	Перше	60	45
20	Перше	55	43
20	Друге	55	45
23	Перше	50	40
23	Друге	55	43
23	Третє	55	45

Найбільшого поширення набуло сушіння насіннєвої кукурудзи в качанах у камерних сушарках коридорного або секційного типу. Качани насіннєвої кукурудзи сушать у нерухомому шарі в насипу при режимах, зазначених у табл. 2.13. У сушильну камеру завантажують партії кукурудзи в качанах одного гібриду або сорту з коливаннями за вологістю не більшяк 5 %. Роботу сушарки організують так, аби під розвантаженням та повторним завантаженням простоювало не більше однієї камери, в інших камерах проводять сушіння. При сушінні насіннєвої кукурудзи в качанах тепло вентиляційними агрегатами у складах, під наметом, на площадках висота її насипу має бути меншою, ніж у камерних сушарках.

Таблиця 2.12

Режими сушіння насіннєвої кукурудзи в реконструйованих шахтних зерносушарках ДСП-32от-2

Зона сушіння	Вологість зерна до сушіння 18 % при паралельній роботі агрегатів		Вологість зерна до сушіння 20 % при послідовній роботі агрегатів		Вологість зерна до сушіння 23 % при послідовній роботі агрегатів	
	Температура агента сушіння, ˚С	Гранично допустима температура зерна, ˚С	Температура агента сушіння, °С	Гранично допустима температура зерна, °С	Температураагента сушіння, °С	Гранично допустима температура зерна, °С

Перший сушильний агрегат						
Перша	60	-	55	-	50	-
Друга	60	45	40	-	40	-
Третя	Атмосферне повітря	-	55	-	55	-
Другий сушильний агрегат*						
Перша	60	-	55	45	55	45
Друга	60	45	40	-	40	-

*У третій зоні сушіння в усіх випадках застосовують атмосферне повітря.

Імпульсні режими сушіння насіннєвої кукурудзи в качанах підвищують ефективність камерних сушарок при повному забезпеченні зберігання якості зерна. Імпульсне сушіння починають після прогрівання протягом 2 год топки, коридорів і сушильних камер агентом сушіння з температурою 42...44 °С. При цьому максимальна температура агента сушіння має становити: 60 °С для зерна з вологістю до 32 % і 55 °С для зерна з більшою вологістю. Тривалість нагрівання (подачі агента сушіння) дорівнює 6 хв, а тривалість охолодження зерна (подачі атмосферного повітря) залежить від температури і відносної вологості атмосферного повітря (табл. 2.13). Напрямок руху повітря та агента сушіння змінюють через 18...20 год.

Таблиця 2.13

Режими сушіння насіннєвої кукурудзи в качанах

Вологість зерна в качанах, %	Максимальна температура агента сушіння, ˚С	Висота насипу в камері, м	Тривалість сушіння, год
35…40	38	2,5	70
30…35	40	3,0	60
25…30	42	3,5	55

20…25	44	3,5	50
≤ 20	46	3,5	40

Таблиця 2.14

Тривалість охолодження (хв) зерна залежно від відносної вологості атмосферного повітря

Температура зовнішнього середовища, ˚С	Відносна вологість атмосферного повітря, %					
	50	60	70	80	90	100
0	1,28	1,30	1,32	1,34	1,35	1,37
5	1,31	1,33	1,37	1,40	1,42	1,44
10	1,38	1,40	1,46	1,51	1,54	1,58
15	1,48	1,52	1,59	2,08	2,16	2,23
20	2,02	2,10	2,18	2,33	2,47	2,56
25	2,20	2,34	2,44	3,04	3,14	3,30

Насіннєве зерно пшениці, гороху, насіння соняшнику в камерних сушарках сушать при режимах, зазначених у табл. 2.15. Для вирівнювання температури і вологості насіння під час його сушіння доцільно один-два рази переміщувати насіння в замкненому циклі або із бункера в бункер. Останнє переміщення насіння проводять за 2...3 год до закінчення його сушіння.

Насіння сорго можна сушити у бункерах, що вентилюються, з використанням повітророзподільників різних типів (табл. 2.16). Не рекомендують завантажувати в бункери насіння сорго вологістю понад 22 %. Якщо цього уникнути не можна, то насіння з більш високою вологістю завантажують наполовину або на дві третини висоти бункера. У початковий період сушіння насіння періодично переміщують у бункері в замкненому циклі, доки воно не набуде сипкості.

Оскільки насіння рицини легко подрібнюється при переміщенні, роботу організовують так, аби кількість переміщень була мінімальною, причому для вертикального переміщення насіння

рицини у бункери, що вентилюються, доцільно використовувати пневмотранспорт. Зумовлено це тим, що при переміщенні насіння норіями воно травмується, а олія, яка виділяється, налипає на ковші, стрічку та барабан.

Таблиця 2.15

Режими сушіння насіння в камерних сушарках*

Вологість зерна до сушіння, %	Пшениця та ячмінь				Горох		Насіння соняшнику		
	Температура агента сушіння, ˚С	Висота насипу, м	Тривалість часу сушіння, год	Температура агента сушіння, ˚С	Висота насипу, м	Тривалість сушіння, год	Температура агента сушіння, ˚С	Висота насипу, м	Тривалість сушіння, год
9	—	—	—	—	—	—	60	0,75...0,85	3 – 3,5
10	—	—	—	—	—	—	59	0,75...0,85	4 – 5
12	—	—	—	—	—	—	56	0,75...0,8	7 – 8
14	—	—	—	—	—	—	54	0,7...0,75	9,5...11
16	55	0,8	3,5	46	1,5...1,6	5,8...8,5	51	0,65...0,7	12 – 13,5
18	52	0,8	5,5	43	1,45...1,55	10...14	48	0,6...0,65	14 – 15,5
20	49	0,8	8	41	1,4...1,45	15...20	45	0,55...0,6	15,5 – 16,5
22	45	0,8	10	38	1,3...1,4	19...25	—	—	—
24	42	0,8	13	36	1,15...1,3	22...28	—	—	—
26	39	0,8	17	33	1 – 1,25	24...30	—	—	—

Нижню границю висоти насипу та тривалості процесу відносять до сушіння гороху до вологості 14 %, насіння соняшнику – 7 %; верхню – до сушіння гороху до вологості 13 %, насіння соняшнику – 6,5 %

Таблиця 2.16

Режими сушіння сорго у бункерах, що вентилюються

Початкова вологістьнасіння, %	Питома витрата агента сушіння, м /(год·т)	Температура агента сушіння, ˚С	Тривалість сушіння насіння до середньої вологості13 %, год

< 14	400	42	16
16	500	37	28
18	600	35	37
20	650	32	43
22	700	30	48

Перед завантаженням бункера насінням рицини закривають засувку випускного отвору, а клапан-поршень підіймають у верхнє положення. Після завантаження бункера (поверхня насипу повинна мати форму правильного конуса) клапан відпускають у положення, при якому його верхній торець буде знаходитися на 150...200 мм нижче рівня насіння у повітророзподільному циліндрі.

Під час сушіння рівень насіння в бункері знижується. У зв'язку з цим періодично змінюють положення поршня. Його опускають або підіймають при вимкненому вентиляторі. Режими сушіння насіння рицини у бункерах, що вентилюються, з використанням різних тепловентиляційних агрегатів наведено у табл. 2.17.

У процесі сушіння вологість насіння рицини контролюють відбором проб із зовнішнього шару насіння через люки бункера за 1...2 год до закінчення сушіння насіння. Сушіння (враховуючи нерівномірність по шарах) припиняють при вологості насіння в зовнішньому шарі 7...8 %, а коробочок і третинок – 9...10 %.

Для охолодження просушеної рицини та вирівнювання вологості у різних шарах подачу палива припиняють і продувають насіння атмосферним повітрям. Температура рицини не повинна перевищувати температуру атмосферного повітря більш як на 5 °С.

Таблиця 2.17

Вологість рицини, %	ВПТ-400			ВПТ-600		
	Максимальна кількість бункерів, шт. *	Приблизна тривалість сушіння, год	Фактична питома витрата агента сушіння, $м^3$ /(год·т)	Максимальна кількість бункерів, шт.	Приблизна тривалість сушіння, год	Фактична питома витрата агента сушіння, $м^3$ /(год·т)
<10	2	8...9	450...500	4	8...9	400...50
10,1.-15	1	10...12	700...750	2	9...10	725...800
15,1...20**	—	—	—	1	10...12	1000... 1100
20,1...25	—	—	—	1	12...14	1000...1100

Режими сушіння насіння рицини в бункерах, з використанням різних тепловентиляційних агрегатів

Вологість рицини, %	ТАУ-0,75			ТАУ-1,5		
	Максимальна кількість бункерів, шт.	Приблизна тривалість сушіння, год	Фактична питома витрата агента сушіння, $м^3$/(год·т)	Максимальна кількість бункерів, шт.	Приблизна тривалість сушіння, год	Фактична питома витрата агента сушіння, $м^3$ /(год·т)
<10	4	7...8	500...550	4	4...5	700...750
10,1...15	2	7...8	875...975	4	10...12	700...750
15,1...20	1	7...8	1200...1400	2	8...10	1100...1200
20,1...25	1	8...10	1200...1400	2	10...12	1100...1200

* При одночасному обслуговуванні агрегатом меншої кількості бункерів питома витрата агента сушіння збільшується, тривалість сушіння при цьому скорочується.

** При вологості насіння рицини 15,1...25 % використовувати агрегат ВПТ-400 не рекомендується.

Особливості сушіння дефектного зерна

Сушіння зерна може бути ефективним засобом у боротьбі із зараженістю зерна та продуктів його переробки. Загибель шкідників як у явній, так і у прихованій формі розвитку залежить від двох параметрів: температури зерна та тривалості його витримки при цій температурі. Летальна температура для шкідників зерна (табл. 2.18)

лежить у межах гранично допустимих температур зерна при забезпеченні достатньої тривалості його відлежування (до 190 хв).

У шахтних зерносушарках підтримувати режими, що забезпечують повну загибель шкідників у всіх формах їх розвитку, дуже складно. Це пов'язано з тим, що при значній нерівномірності нагрівання зерна у шарах, які мають температуру нижче 0 ˚С, шкідники не гинуть. Для підвищення ефективності знезараження зерна в шахтних прямоточних сушарках вводять повну його рециркуляцію, а після нагрівання домаксимальної температури зерно витримують потрібний час. До випуску зерна із сушарки перевіряють його зараженість і при необхідності проводять повторну термічну обробку.

У сушарках з рециркуляцією знезараження зернової маси проводять без особливих труднощів завдяки можливості регулювання тривалості перебування зерна у тепловологообміннику при температурі 0 ˚С.

При термічному знезараженні вживають заходи, що попереджають повторне зараження просушеного або того зерна, яке надходить надалі в сушарку. Щоб запобігти розсіюванню шкідників по території, необхідно виловлювати відходи та пил, що виноситься з відпрацьованим агентом сушіння. Крім того, після сушіння зараженого зерна слід ретельно чистити сушарку до повного її знезараження.

Таблиця 2.18

Режими термічного знезараження зерна

Шкідник	Тривалість життя шкідника (хв) у найстійкіших стадіях при температурі, ˚С		
	50	55	60
Довгоносик:			
амбарний	55	10	—
рисовий	60	20	—
Малий борошняний хрущак	—	10	—
Борошноїд:			
рудий	190	25	10
суринамський	40	10	7
Борошняний кліщ	20	10	5

Під час сушіння зерна під дією високої температури агента сушіння більшість мікроорганізмів, що знаходяться на поверхні зернин, гине. Як

наслідок, стійкість зерна при його зберіганні підвищується. Деякі мікроорганізми, спори яких належать до найбільш термостійких, не гинуть навіть під час сушіння зерна.

2.6. Функціонально-параметричні схеми основних типів сушарок

Шахтні прямоточні зерносушарки за режимом роботи є сушарками безперервної дії. Використовують їх для сушіння пшениці, жита, ячменю, кукурудзи, насіння соняшника та інших культур продовольчого та насіннєвого призначення. У сушильній шахті під дією сил тяжіння зерно рухається зверху вниз і пронизується агентом сушіння. Зерно переміщується в шахті суцільною масою зі швидкістю, що визначається роботою випускного механізму періодичної або неперервної дії.

Як найзручніші та найпростіші шахтніпрямоточні зерносушарки знайшли застосування і мають продуктивність 1...50 пл.т/год. Серед них найпоширенішими є конвективні зерносушарки стаціонарні(ДСП-16,ДСП-24, ДСП-32,ДСП-32от) та пересувні (ЗСПЖ-8, К4-УСА, К4-УС2-А). Для сушіння круп'яних культур використовують конвективно-кондуктивну шахтну сушарку ВС-10-49 М.

Принципові схеми шахтних прямоточних зерносушарок, що працюють на суміші топкових газів з повітрям і на чистому нагрітому повітрі, зображено відповідно на рис. 2.4 і 2.5, де показано умовно рух зерна та агента сушіння.

Шахтна прямоточна зерносушарка складається з сушильних та охолоджувальних шахт з коробами, вентиляційного устаткування, напірно-розподільної камери, випускних механізмів, над- і підсушильних бункерів.

Сушильна і охолоджувальна шахти мають прямокутний переріз, усередині них установлено короби рядами в шаховому порядку, між коробами знаходиться зерно.

Агент сушіння надходить із напірно-розподільчої камери у підвідні короби, проходить шар зерна і виходить з протилежного боку шахти через відвідні короби.

Стінки шахт виготовляють зі сталі або з монолітного чи збірного залізобетону. При відсутності коробів як розподільних пристроїв сталеві стінки роблять перфорованими (жалюзійними). У таких сушарках товщина зернового шару, що продувається агентом сушіння, визначається відстанню між стінками і знаходиться у межах 200...500 мм. Товщина зернового шару, який продувається агентом сушіння, у шахтах з коробами залежить від відстані між підвідними та відвідними коробами й у сучасних сушарках становить 100...200 мм.

Короб – це канал з відкритим нижнім боком, через який агент сушіння входить у зерновий шар або виходить із нього. Під нижнім відкритим боком короба зерно розміщується під кутом природного укосу. Для більш інтенсивного продування зернового шару стінки коробів іноді роблять жалюзійними.

Один із торцевих боків короба відкритий, інший – заглушений. Підвідні короби відкриті у бік напірно-розподільчої камери, звідки надходить агент сушіння, а заглушені з протилежного боку. Відвідні короби, навпаки, закриті з боку напірно-розподільчої камери, а відкриті з протилежного боку, де агент сушіння виходить із шахти в навколишнє середовище. Короби виготовляють з листової сталі завтовшки 1,5...2 мм. Стінки відвідних коробів з внутрішнього боку покривають антикорозійним лаком, оскільки на них може конденсуватися водяна пара відпрацьованого агента сушіння.

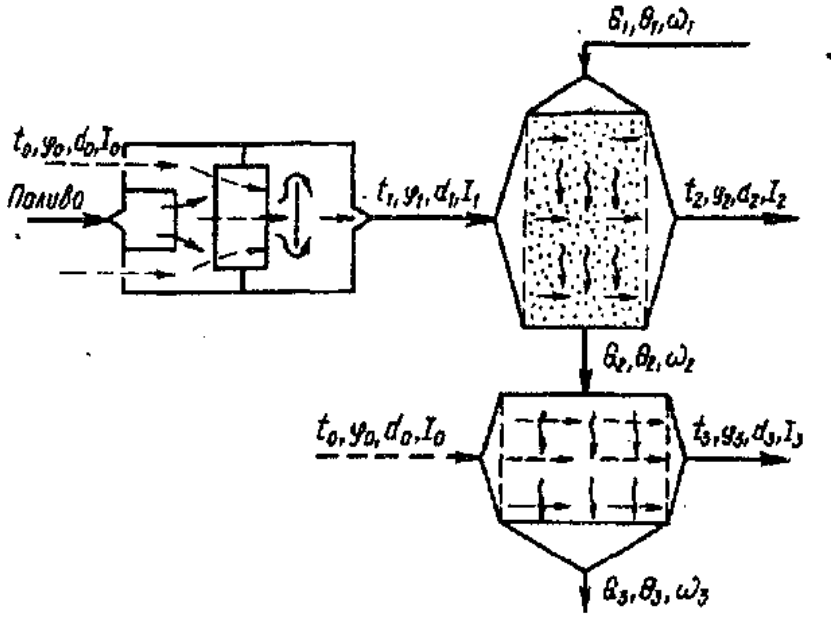


Рис. 2.4. Принципова схема шахтної прямоточної зерносушарки з топкою – калорифером змішування:

G – подача зерна, т/год.; Θ – його температура, °С; *ω* – вологість зерна, %; *t*– температура агента сушіння, °С; φ – його відносна вологість,%; *d* – вологовміст, г пари/кг с.п.; *I* – питома ентальпія, кДж/кг с.п.

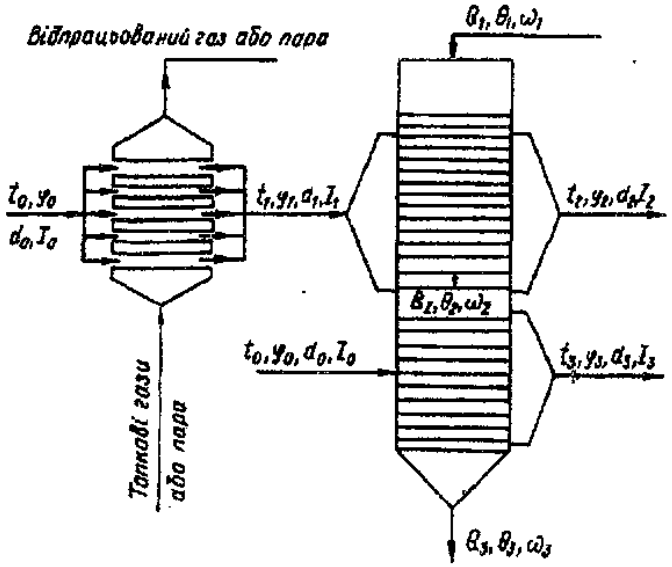


Рис. 2.5. Принципова схема шахтної прямоточної зерносушарки з топкою – поверхневим калорифером

(позначення величин ті самі, що й на рис. 2.4)

Найпоширенішими є короби п’ятигранної форми, використовують також тригранні, а в деяких сушарках – багатогранні короби складнішої форми. Для кращого пересування зерна по поверхні короба кут між його верхніми гранями неповинен перевищувати 70° Радіус заокруглення верхнього ребра короба роблять не більшим від 5 мм для запобігання затриманню зерна та накопиченню домішок на коробі. Короби п’ятигранної форми, як правило, мають ширину 100 мм, висоту 125...232 мм. Розташування та форми повітророзподільних коробів шахтних прямоточних зерносушарок різних типів показано на рис. 2.6.

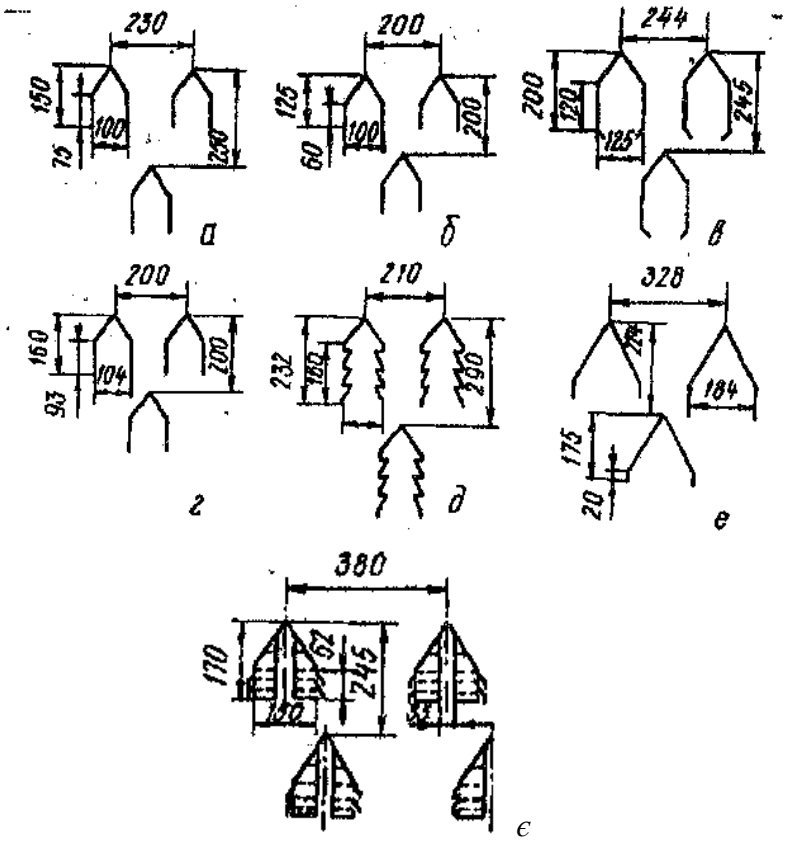


Рис. 2.6. Розташування та форми повітророзподільних коробів

шахтних прямоточних зерносушарок різних типів:

а – ВТІ;*б*– ДСП; *в* – СЗШ-16; *г* – СЗС-8; *д* – ЗСПЖ-8; К4-УСА; *е* – СЗШ-16М; *є* – К4-УС2-А

Кількість коробів у шахті визначають, виходячи із швидкості відпрацьованого агента сушіння на виході з відвідних коробів, яка обмежена можливістю винесення зерна з них і не повинна перевищувати 6 м/с. Підвідні та відвідні короби (їх кількість однакова) чергуються між собою.

На рис. 2.7, *а* зображено вертикальний напрямок руху агента сушіння вгору й униз, а на рис. 2.7, *б, в* – горизонтальний напрямок його руху праворуч і ліворуч. При горизонтальному напрямку руху агента сушіння товщина шару, що продувається, вдвічі менша, ніж при вертикальному, що забезпечує зниження опору мережі та підвищення подачі вентиляторів і продуктивності зерносушарки.

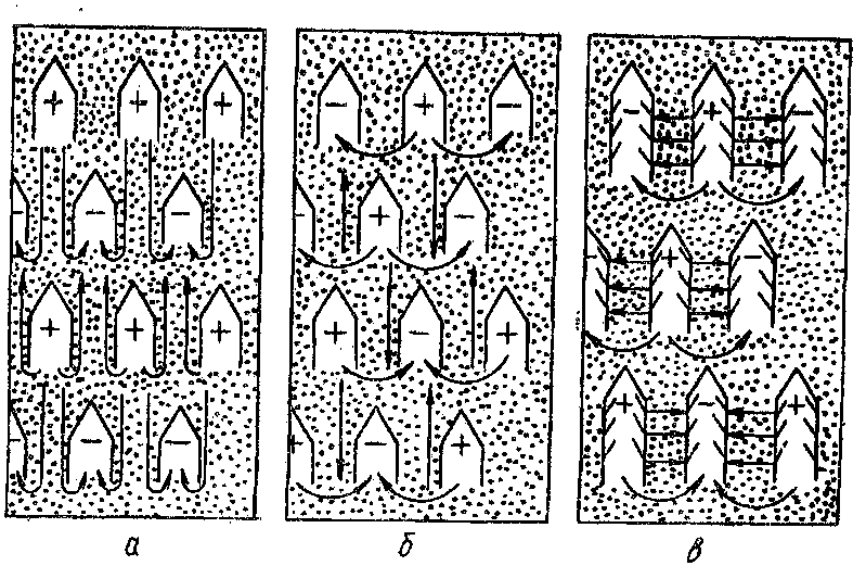


Рис. 2.7. Розміщення підвідних і відвідних коробів у шахті прямоточних зерносушарок:

а – в різних рядах; *б*, *в* – через один у кожному ряду

Розміщення коробів у шаховому порядку сприяє кращому перемішуванню зерна під час його руху в шахті, при цьому в одному ряду розміщують певну кількість коробів. У наступному ряду цю

кількість зменшують на одиницю, а по боках біля стінок шахти розташовують напівкороби, які виготовляють відвідними для запобігання перегріванню зерна.

Слід пам'ятати, що стальні короби мають високий коефіцієнт теплопровідності, тому теплота агента сушіння швидко передається через стінки коробів зерну, яке торкається коробів і може перегріватися, що призводить до погіршення його якості. Це явище спостерігається при тривалому сушінні зерна.

Під час виготовлення зерносушарок К4-УСА, К4-УС2-А, СЗС-8, СЗШ-16 з відносно невеликою висотою шахти (до 5 м) зі стальними стінками*1* короби*2*встановлюють через верх шахти кінцями на опори *3*, що мають форму поперечного перерізу короба та приварені до стінок шахти (рис. 2.8,а).До кінців коробів приварюють жорсткі фіксатори*4* у вигляді смужки, за допомогою яких короб притискається до опор і забезпечується його кріплення. Напівкороби кріплять до стінок шахти у процесі її виготовлення.

У зерносушарках з шахтами висотою понад 5 м заміна коробів нижніх рядів пов'язана з великими труднощами (потребує демонтажу всіх коробів, розташованих вище). Під час виготовлення зерносушарок типу ДСП та інших короби встановлюють з торцевого боку шахти, як показано на рис. 2.8, *б, в.* Для цього з одного кінця короба відбортовують грані під прямим кутом до його стінки, а з іншого боку короба приварюють одну шпильку з різьбою та гайкою, що притискається до стінки короба, або дві шпильки з гайками.

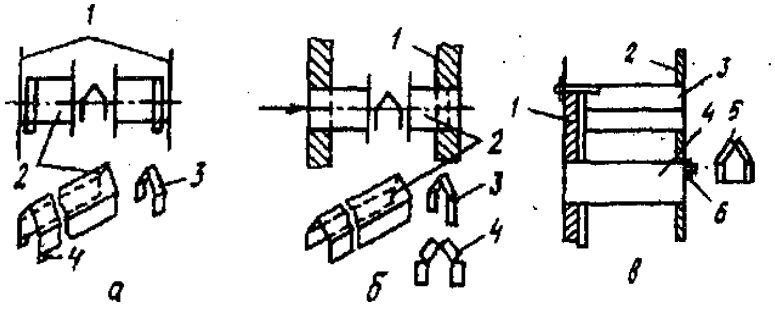


Рис. 2.8. Установлення коробів у шахті прямоточних зерносушарок:

а – СЗС-8, К4-УСА; *б*–ВТІ, ДСП (*1*– залізобетонна стінка шахти; *2*– короб; *3, 4* – елементи кріплення короба); *в* – ДСП-32от (*1* – теплоізоляція; *2* –

стінка шахти; *3* – підвідний короб; *4* – відвідний короб; *5* – відбортування короба; *6* – шпилька для його кріплення)

Короби вставляють у шахту через отвори у стінках так, аби відбортовані стінки прилягали до стінки шахти, а шпильки, що знаходяться на іншому боці коробів, проходили крізь отвори у протилежній стінці шахти та закріплювалися гайками.

У зерносушарках типу ДСП з шахтами із залізобетону короби вставляють збоку шахти у раніше заготовлені під час виготовлення стінок шахти отвори, які мають форму поперечного перерізу короба з невеликим запасом по ширині та висоті. Один торцевий бік підвідного і відвідного коробів закривають донцем і обмазують розчином – сумішшю порошку азбесту з цементом.

Для забезпечення рівномірного виходу зерна із шахтних прямоточних сушарок та регулювання їх продуктивності під охолоджувальними шахтами встановлюють випускні механізми. У зерносушарках типу ДСП використовують випускний механізм періодичної дії (рис. 2.9).

Верхня нерухома рама *5* виготовлена з листової сталі завтовшки 6 мм, має розміри у плані 3200×1105 мм, висоту 585 мм. Усередині рами встановлено та приварено розсікачі зі сталі, що мають отвори завширшки 90 мм. Нижня рухома рама складається з двох частин, з'єднаних між собою поличками *4*. Рама, зварена зі штабової сталі завтовшки 16 мм, чотирма парами роликів *2* спирається на пластини завдовжки 300 мм і завтовшки 60 мм. Змінюючи кількість пластин, можна регулювати зазор між рухомою та нерухомою рамами. Для повернення рами у вихідне положення по боках механізму встановлено дві циліндричні пружини *1*. Ширину поличок роблять такою, щоб у закритому положенні випускного механізму зерно з них не зсипалося. Зазор між верхньою і нижньою рамами становить 3...5 мм.

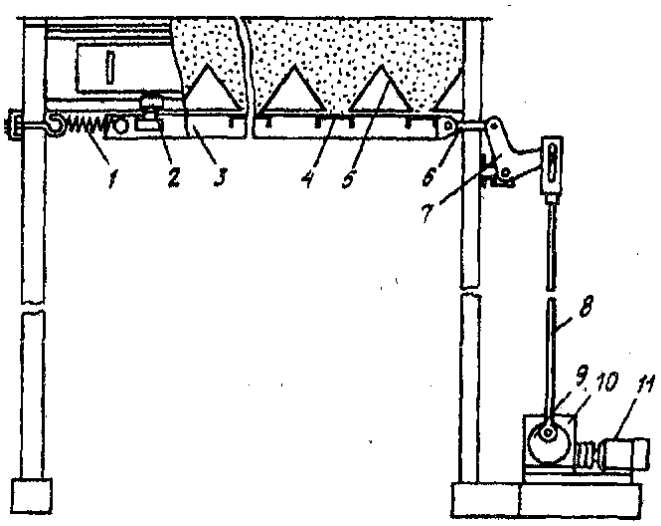


Рис. 2.9. Випускний механізм періодичної дії

Рухома рама рухається за допомогою тяг *6,8* і кривошипа *7* від електродвигуна *11*, причому вертикальна тяга *8* переміщається електродвигуном через редуктор *10* та ексцентрик *9*. При відкриванні затвора випускні отвори відчиняються повністю. Кількість зерна, що випускається із шахти, тобто продуктивність зерносушарки, регулюють за допомогою командоапарата КЕП-12У або реле часу.

Періодичний випуск великої кількості зерна зумовлює швидке його опускання в шахті та краще перемішуваннязерна, але тривалість між відкриттям затвора понад 60 с призводить до того, що частина зерна залишається нерухомо лежати на нагрітих поверхнях коробів і це може спричинити перегрівання та погіршення його якості.

У зерносушарках СЗС-8, К4-УСА, К4-УС2-А та інших використовують випускний механізм неперервної дії (рис. 2.10). Його встановлюють під розсікачами *3* зерна і закріплюють у нижній частині охолоджувальної шахти так, щоб утворилися отвори (щілини) для виходу зерна. Кількість цих отворів дорівнює кількості коробів *4* у нижньому ряду шахти.

Випускний механізм складається з двох частин: верхньої нерухомої рами *2* та розташованої під нею рухомої рами *1*. Верхня рама має паралельно встановлені лотки з похилими бічними стінками. Лотки розташовано під кожним випускним отвором і зв’язано

загальною рамою, що рухається у вертикальному напрямку у прорізу в швелерних стояках, завдяки чому можна регулювати відстань між нерухомою і рухомою рамами. Зменшуючи або збільшуючи її, змінюють продуктивність сушарки, оскільки при цьому змінюється кількість зерна, що випускається.

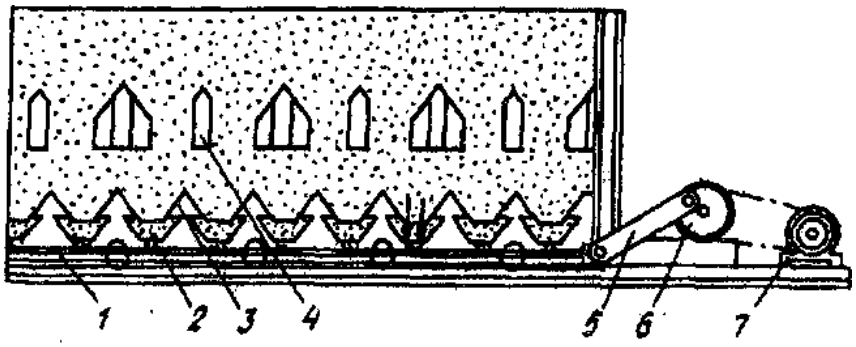


Рис. 2.10. Випускний механізм неперервної дії

Нижня рухома рама механізму складається із горизонтальних полиць (площадок), розміщених безпосередньо під кожним лотком. На них зерно лежить під кутом природного відкосу. Ширину полиць вибирають трохи більшу від ширини нижнього отвору лотка, щоб під час призупинення рухомої рами у будь-якому положенні зерно на полицях не могло пересипатися через їх краї.

Рухома рама на роликах приводиться у зворотно-поступальний рух уздовж стальних напрямних від ексцентрика *6* із шатуном *5* і приводом *7*. Під час зворотно-поступального руху нижньої рами зерно невеликими порціями зсипається через край полиць у нижній бункер.

Другий спосіб регулювання продуктивності зерносушарки з випускним механізмом неперервної дії полягає у зміні ексцентриситету привода, а значить, ходу рухомої рами; третій спосіб – у зміні частоти обертання вала привода.

Конструкцію випускного механізму неперервної дії зерносушарки К4-УС2-А показано на рис. 2.11.

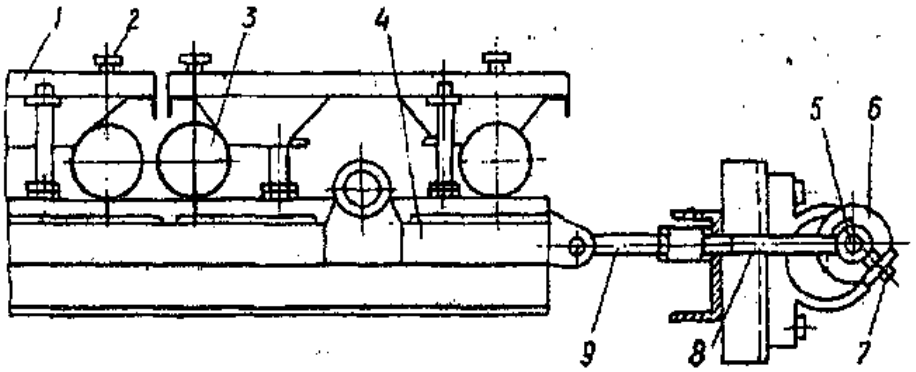
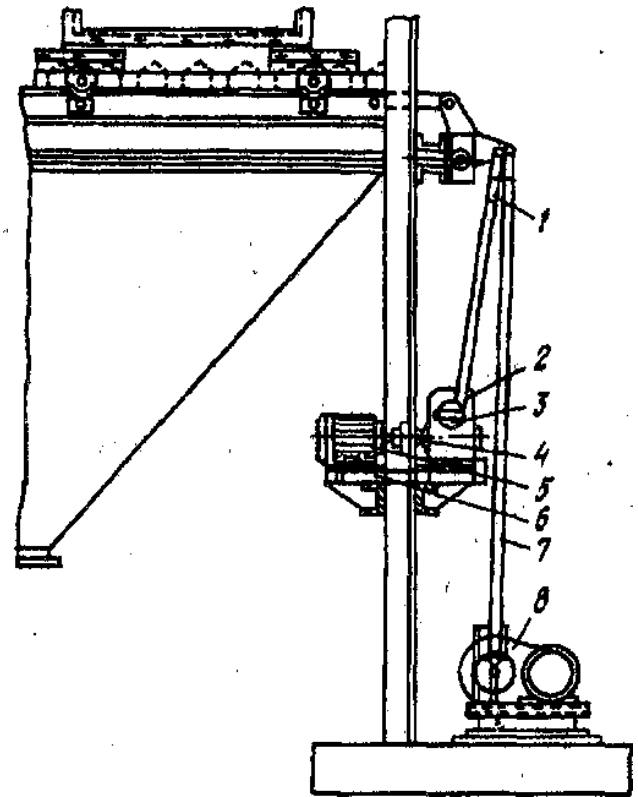


Рис. 2.11. Конструкція випускного механізму неперервної дії зерносушарки К4-УС2-А:

1 – насадка; *2* – стопорний гвинт; *3* – регулятор підняття; *4* – каретка; *5* – вал; *6* – ексцентрик; *7* – регулювальний гвинт; *8* – тяга ексцентрика; *9* – тяга каретки

У зерносушарках з випускними механізмами неперервної дії між нижніми гранями лотків і полицями рухомої рами накопичуються домішки, які перешкоджають зсипанню зерна, а отже, призводять до гальмування його руху і нерівномірного пересування. Випускні механізми неперервної дії потребують періодичного очищення, яке здійснюється вручну.

Переваги випускних механізмів періодичної та неперервної дії враховано при створенні випускного механізму комбінованої дії. Цей механізм (рис. 2.12) має два приводи, які забезпечують періодичний та



неперервний випуски зерна. При цьому один привод забезпечує неперервний випуск зерна, завдяки зворотно-поступальному руху рухомої рами затвора з невеликою амплітудою, а інший періодично (за командою реле часу) повністю відкриває випускний механізм.

Рис. 2.12. Комбінований випускний механізм:

1 – тяга механізму неперервної дії; *2*, *8* – редуктори; *3* – ексцентрик; *4* – муфта; *5* – електродвигун; *6* – станина; *7* – тяга механізму періодичної дії

Під час повного відкривання затвора відбувається випуск зерна з більшою швидкістю та натиском; при цьому захоплюються великі домішки, і випускний механізм очищається, що забезпечує в подальшому (при неперервній роботі випускного механізму) рівномірний випуск зерна із шахт зерносушарки. Комбінований випускний механізм мають деякі зерносушарки типів ДСП та СЗШ-16.

Зерносушарки типу ДСП

Зерносушарка ДСП-32от. Зерносушарки відкритого типу застосовують на хлібоприймальних підприємствах і встановлюють на поточних лініях для приймання, очищення, сушіння та відвантаження зерна, а також безпосередньо біля елеваторів і складів.

Такі зерносушарки розташовують поза будівлями у прив’язці до силосних корпусів або робочих башт елеваторів, а також на механізованих технологічних лініях післязбиральної обробки зерна у прив’язці до складів.

Зерносушарка ДСП-32от (рис. 2.13) на відміну від інших зерносушарок типу ДСП має металеві шахти. Вона найпоширеніша в нашій країні завдяки компактності, надійності, низькій вартості, можливості сушіння всіх зернових культур. Виготовляють її у заводських умовах у вигляді окремих секцій та вузлів, складання яких здійснюють на місці встановлення сушарки. Топку розміщують в окремій двоповерховій споруді, розташованій поруч із зерносушаркою.

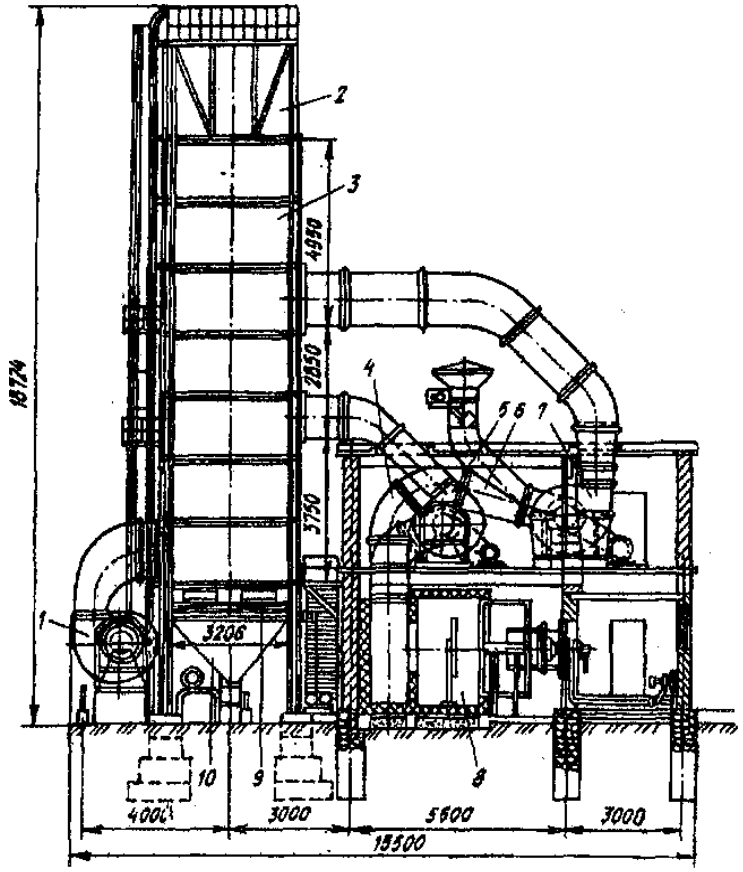


Рис. 2.13. Зерносушарка ДСП-32от:

1 – вентилятор охолоджувальної зони; *2* – надсушильний бункер; *3* – сушильні шахти; *4* – всмоктувальний повітропровід вентилятора другої зони; *5* – вентилятор другої зони; *6* – всмоктувальний повітропровід вентилятора першої зони; *7* – вентилятор першої зони; *8* – топка; *9* – випускний механізм; *10* – підсушильний бункер

Зерносушарка є установкою відкритого типу з двоступінчастим режимом сушіння і складається з двох паралельно працюючих шахт (рис. 2.14) заввишки 11571 мм. Кожна шахта має сім секцій і по висоті поділяється на три зони: перша зона сушіння (заввишки 4950 мм) розташована у верхній частині шахти, друга (заввишки 2850 мм) – у середній, а третя (зона охолодження) – в нижній частині шахти. Висота секції становить 1650 мм. У кожній секції є вісім рядів коробів по 16 штук у кожному ряду.

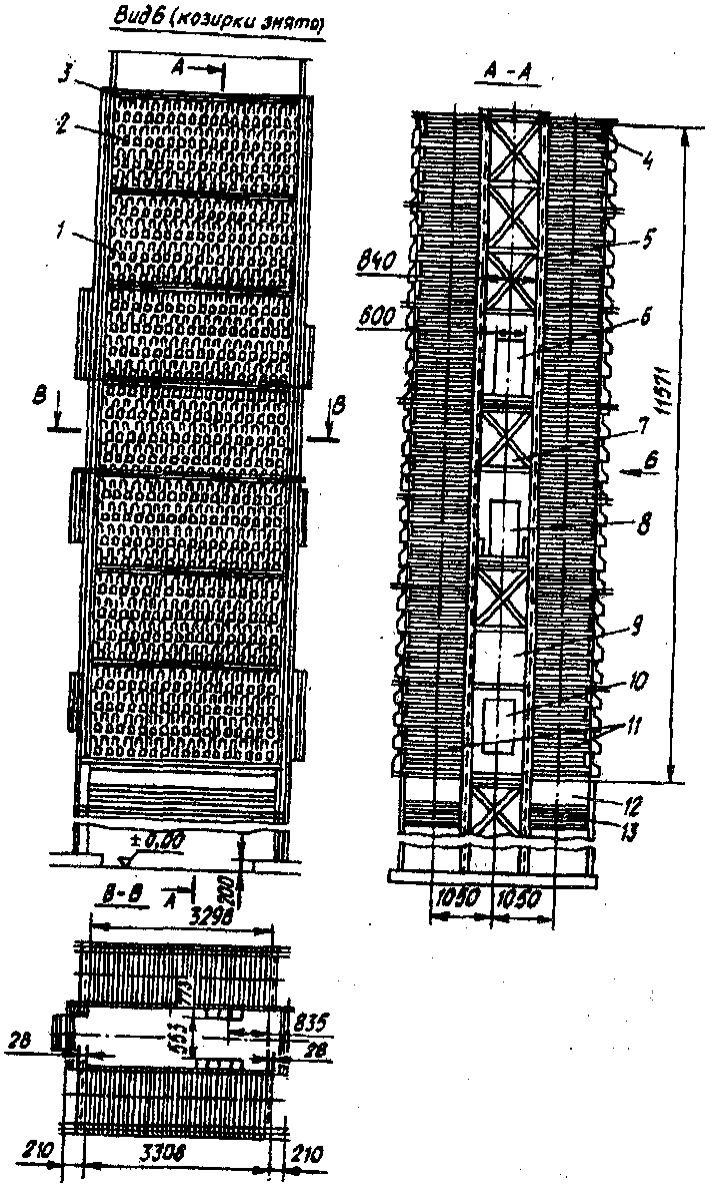


Рис. 2.14. Шахта зерносушарки ДСП-32от:

1 – підсушувальні секції; *2* – підвідний ряд коробів; *3* – відвідний ряд коробів; *4* – запобіжні козирки; *5, 7, 9* – напірно-розподільні камери сушильних та охолоджувальної зон; *6, 8, 10* – прорізи для приєднання дифузорів; *11* – охолоджу-вальна шахта; *12* – зернова «подушка»; *13* – випускний механізм

Шахта по висоті має 27 рядів підвідних і 29 рядів відвідних коробів, з них у першій зоні їх 21, у другій – 14 і в третій – 18. Агент

сушіння та повітря подаються у напірно-розподільні камери зон сушіння та охолодження вентиляторами. Напірно-розподільну камеру, розташовану між шахтами, поділено горизонтальними перегородками на три частини, що утворюють дві зони сушіння та охолодження зерна.

Сушильні й охолоджувальні секції містять підвідні та відвідні короби, виготовлені з оцинкованої сталі й покриті всередині антикорозійним лаком.

Поперечний переріз коробів і схема їх взаємного розташування в шахті такі самі, як у всіх сушарках типу ДСП. Для захисту шахт від потрапляння атмосферних опадів над відкритими торцями відвідних коробів установлено запобіжні козирки, виготовлені з оцинкованої сталі.

Стінки шахти теплоізольовані мінеральною ватою, а ззовні обшито сталевими листами. Надшахтний бункер заввишки 2500 мм ємністю близько 20 $м^3$ (15 т зерна об'ємною масою 750 $кг/м^3$) виготовлено з листової сталі завтовшки 3 мм.

Під кожною шахтою встановлюють випускний механізм періодичної дії та підсушувальний бункер. З останнього зерно подається на конвеєр і далі спрямовується в норію та склад або на елеватор. Регулювання продуктивності зерносушарки здійснюється командоапаратом КЕП-12У.

Технологічну схему зерносушарки ДСП-32от зображено на рис. 2.15. Сире зерно по самопливній трубі і надходить у норію *2*, а потім по самопливній трубі *3* подається в надсушильний бункер *4* і далі рівномірно розподіляється між сушильними шахтами *5, 6* (відповідно першої та другої зон сушіння), а також охолоджувальною шахтою *9*. Випуск зерна із шахт здійснюється випускним механізмом *11* періодичної дії. Сухе охолоджене зерно із зерносушарки спрямовується до елеватора або складу конвеєром та норією *13*.

Агент сушіння із топки *10* вентиляторами *7* і *8* подається у напірно-розподільні камери першої *16* та другої *15* зон сушіння зерна. Атмосферне повітря вентилятор *12* нагнітає у напірно-розподільну камеру *14* охолоджувальної шахти *9*.

У цій технологічній схемі використовується конвективне сушіння зерна, при якому теплота передається йому від агента сушіння. При

цьому останній відіграє роль як теплоносія, так і вологоносія (випарена волога із зерна поглинається агентом сушіння та виноситься в атмосферу).

Сушіння зерна у сушарці ДСП-32от здійснюється агентом сушіння – сумішшю топкових газів з повітрям, що подається вентиляторами ВЦ-4-76 №12; 10 і 12 відповідно до зон сушіння та охолодження.

Паливо спрямовується в топку через форсунку Ф-1, в якій утворюється горюча суміш палива та повітря. Як розпилювач застосовується стиснене повітря, що подається у форсунку високонапірним вентилятором АВД-3,5.

Для стабілізації надходження палива повітря у форсунку вмонтовано мікрометричний клапан і дросельну засувку з маховичком. Змінюючи кількість горючої суміші, одночасно регулюють подачу повітря та палива у форсунку.

Для автоматизації процесу горіння, захисту й аварійної сигналізації на пульті є спеціальний пристрій, що забезпечує пуск зерносушарки, підтримання заданих температур агента сушіння, постійний тиск палива перед форсункою, відновлення факела при його згасанні.

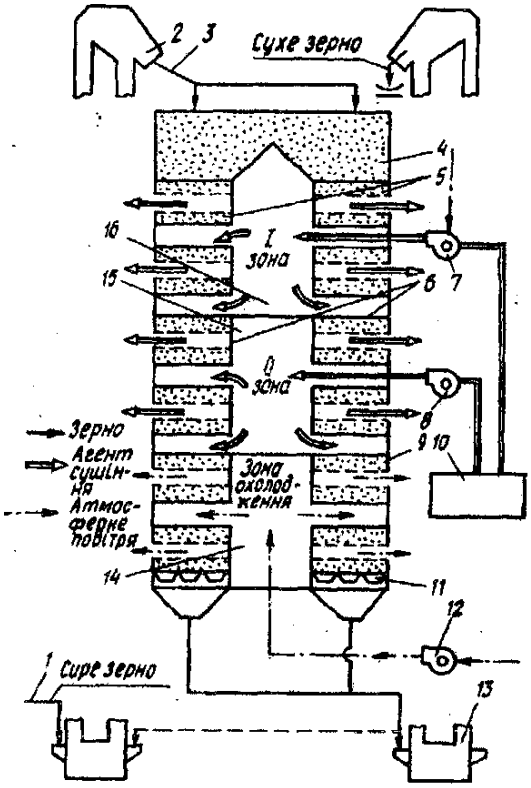


Рис. 2.15. Технологічна схема зерносушарки ДСП-32от

Зерносушарки ДСП-16 і ДСП-32. Зерносушарки ДСП-16 установлюють в баштах елеваторів М-2×100, М-3×175, а також у портових елеваторах П-5×350.

Шахти зерносушарок ДСП-16 і ДСП-32 мають залізобетонну конструкцію. Розміри шахти у плані становлять 3250×1000 мм. Вона має 11 панелей з товщиною стінки 70 мм і висотою 1028 мм. У кожній панелі міститься пять рядів коробів.

Схему розміщення підвідних і відвідних коробів у шахті показано на рис. 2.7, *а*. Ряд підвідних коробів чергується з рядом відвідних коробів. Таким чином, агент сушіння продуває зерно у двох напрямках, рухаючись до відвідних коробів. Товщина зернового шару, що продувається, в середньому становить 200 мм. Установлення коробів, у шахті зображено на рис. 2.8, *б*.

Шахта по висоті має дві сушильні й одну охолоджувальну зони, в яких застосовується агент сушіння з різною температурою. По висоті сушильні зони мають 37 рядів коробів, з них у першій зоні їх 23, у другій - 14. Охолоджувальна зона має 18 рядів коробів. У кожному

ряду є 16 коробів. Кожна зона обдувається індивідуальним вентилятором (ВРС-12, ВРС-10) з електродвигуном.

Сушарка ДСП-16 має одну шахту, а ДСП-32 - дві шахти, напірно-розподільні камери, топки, вентилятори, випускні механізми періодичної дії та дифузори.

Зерносушарки ДСП-32 встановлюють в окремо розміщених спорудах, зв'язаних з баштами елеваторів, або в сушильно-очисних баштах СОБ-32.

Топки зерносушарок працюють на рідкому паливі (дизельному або на гасі). Подача палива здійснюється через форсунку Ф-1 з автоматичним регулюванням. Автоматика контролює процес горіння палива в топці, забезпечуючи стабільний та економний режим сушіння зерна. Напірно-розподільні й осадні камери шахти поділено перегородками по висоті відповідно до розмірів сушильної та охолоджувальної зон.

Для сушіння зерна використовують суміш топкових газів з повітрям. Вентилятори спрямовують агент сушіння в напірно-розподільні камери. Далі він через підвідні короби надходить у сушильну шахту, пронизує зернову масу, і через відвідні короби викидається в осадні камери (якщо вони є), а потім через жалюзійні вікна - в атмосферу.

Охолодження зерна здійснюється аналогічно сушінню, тільки замість агента сушіння подається атмосферне повітря. Зерно надходить у сушильну шахту зверху і, проходячи між коробами в зонах нагрівання, сушиться і нагрівається агентом сушіння, а потім у зоні охолодження продувається атмосферним повітрям. Механізм періодичної дії регулює випуск зерна із сушарки.

Зерносушарка ДСП-24-СН. Цю зерносушарку встановлюють в сушильно-очисних баштах СОБ-МК та СОБ-1С. Вона має дві паралельно розташовані шахти із збірних панелей заввишки 8600 мм і розмірами у плані 3250×1000 мм.

Шахта складається з восьми панелей з товщиною стінок 70 мм і висотою 1028 мм. У панелях, що примикають до надсушильного бункера, два ряди коробів заглушено для збільшення його об'єму. Форма та розміри коробів, їх установлення такі самі, як і в сушарок ДСП-16 і ДСП-32.

Шахта по висоті має дві сушильні зони з 24 рядами коробів, з яких у першій зоні є 16 рядів, а решта розташовується у другій зоні. Зона охолодження має 14 рядів коробів. Товщина шару зерна, що продувається агентом сушіння, та відстань між рядами коробів становлять 200 мм. У кожній зоні шахти є індивідуальний вентилятор з електродвигуном.

Зерносушарка ДСП-24-СН складається із сушильних та охолоджувальних шахт, напірно-розподільних і відвідних осадних камер, топки (працює на рідкому паливі), випускних механізмів періодичної дії, вентиляційного устаткування, приладів контролю за температурою агента сушіння.

Робота сушильних та охолоджувальних шахт, випускних механізмів, автоматика топки і контроль за температурою агента сушіння такі самі, як і в зерносушарці ДСП-32.

Зерносушарки типу СЗШ

Ці сушарки призначені для сушіння як продовольчого, так і насіннєвого зерна різних сільськогосподарських культур. Їх установлюють на токах і біля складів, а також на невеликих хлібоприймальних підприємствах. Продуктивність зерносушарок залежить від кількості сушильних секцій: у сушарці СЗШ-8 їх дві, а в сушарках СЗШ-16 і СЗШ-16Р – чотири.

Зерносушарка СЗШ-16 складається з двох паралельно розташованих сушильних шахт, установлених на загальній станині, двох винесених охолоджувальних камер, вентиляторів сушильних шахт, дифузорів. Подачу сирого зерна у сушильні й охолоджувальні шахти здійснюють чотири норії послідовно.

Сушильна шахта має дві однакові секції, встановлені одна на одну. В шахті розміщено 14 рядів повітророзподільних коробів, по 8 у кожному ряду. Форму коробів, схему їх розташування та основні розміри показано на рис. 2.6, *в*.

Кожна сушильна шахта має по одному вентилятору Ц4-70 № 8, з'єднаних з шахтами дифузорами із всмоктувальними коробами. Зерносушарка СЗШ-16 працює під розрідженням. Топка з сушильними шахтами з'єднується повітропроводами та дифузорами.

Над кожною шахтою розміщено надсушильні бункери. Надлишки зерна з них зсипаються через зливну самопливну трубу у башмак норії

для сирого зерна. У надсушильних бункерах встановлено датчики верхнього і нижнього рівнів зерна. Зерносушарку обладнано випускними механізмами комбінованої дії, що здійснюють як неперервні рухи з амплітудою коливання 4...20 мм, так і періодичні (через кожні 4 хв) з амплітудою 135 мм.

Шахти зерносушарок СЗШ-16 і СЗШ-16Р можуть працювати як паралельно, так і послідовно з наступним охолодженням зерна. Зерносушарка СЗШ-16Р подібна до сушарки СЗШ-16 і відрізняється від неї тільки будовою топки, яка має теплообмінник, що дає змогу сушити зерно чистим нагрітим повітрям. Теплообмінник має вигляд кінцевого каналу, розташованого концентрично до камери згоряння та з'єднаного з нею шістьма радіальними патрубками. Для закручування потоку газу в кільцевому каналі встановлено гвинтові напрямні лопаті. У передній частині теплообмінника змонтовано димову трубу, а в задній частині камери згоряння є заглушка, яка перекриває надходження топкових газів у зерносушарку, спрямовуючи їх у димову трубу.

Зерносушарка СЗШ-8 відрізняється від сушарки СЗШ-16 тим, що вона має одну сушильну шахту. Розміри її охолоджувальної шахти зменшено. Потужність електродвигунів у цих сушарок різна.

Охолоджувальну шахту зерносушарок СЗШ-16 і СЗШ-16Р заввишки 1260 мм виконано з двох перфорованих циліндрів діаметрами 760 мм (внутрішній) та 1260 мм (зовнішній). У нижній частині зовнішнього циліндра, який закінчується конусним дном, установлено шлюзовий затвор для випуску охолодженого зерна. Зерно знаходиться в кільцевому просторі між зовнішнім і внутрішнім циліндрами й охолоджується атмосферним повітрям, що проходить крізь нього. Відпрацьоване повітря із внутрішнього циліндра викидається вентилятором назовні. Вентилятор вмикається після заповнення шахти зерном. У шахті розміщено датчики рівня зерна, які вмикають або вимикають вентилятор і шлюзовий затвор.

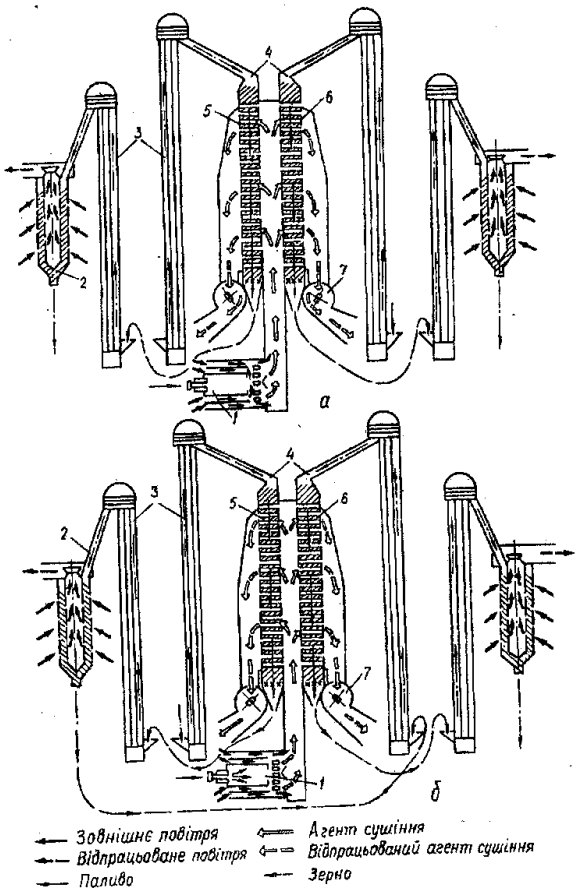


Рис. 2.16. Технологічна схема зерносушарки СЗШ-16 при паралельній (*а*) та послідовній (*б*) подачах зерна в шахти:

1 – топка; *2* – охолоджувальна колонка; *3* – норія; *4* – надшахтний бункер; *5, 6* – шахти; *7* – вентилятор

Технологічну схему зерносушарки СЗШ-16 показано на рис. 2.14. Вона може працювати як при паралельній, так і послідовній подачі зерна в шахти.

Шахтні рециркуляційні зерносушарки

Шахтні рециркуляційні зерносушарки, призначені для сушіння зерна як продовольчого, так і насіннєвого призначення, відрізняються від шахтних прямоточних зерносушарок способом підведення теплоти, наявністю рециркуляції зерна та конструкцією окремих вузлів. Перевагами цих сушарок є: можливість сушіння зерна різної початкової вологості одночасно, у зв’язку з чим відпадає необхідність формування партій зерна за вологістю; забезпечення кінцевої заданої

вологості зерна за одне проходження через сушарку (зняття вологи при цьому досягає 12...14 %).

Серед шахтних рециркуляційних зерносушарок найпоширенішими є сушарки типу РД (РД-2×25-70, У2-УЗБ-50), АІ-УЗМ, АІ-ДСП-50, АІ-УСШ. Як і у прямоточних, шахти рециркуляційних зерносушарок мають прямокутний переріз усередині яких установлено короби рядами в шаховому порядку. Розташування та форми повітророзподільних коробів шахтних рециркуляційних зерносушарок зображено на рис. 2.17.

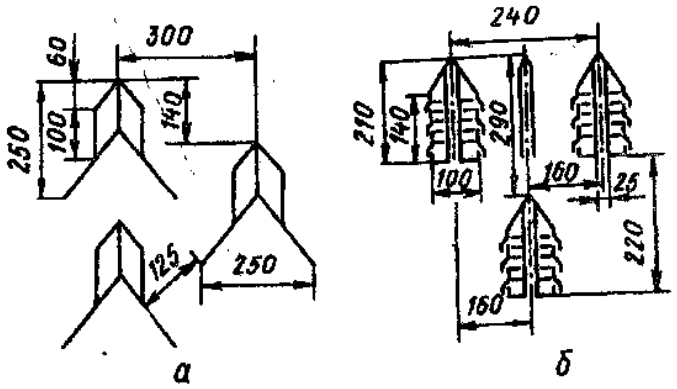


Рис. 2.17. Розташування та форми повітророзподільних коробів шахтних рециркуляційних зерносушарок:
а – РД-2×25-70, У2-УЗБ-50; *б*– АІ-УЗМ, АІ-ДСП-50, АІ-УСШ

У шахтах зерносушарок АІ-УЗМ, АІ-ДСП-50, АІ-УСШ короби закріплено з одного боку двома шпильками з гайками а з іншого – пластиною, що притискує короб до стінки шахти за допомогою болта з гайкою. Конструкцію коробів цих сушарок показано на рис. 2.18, а їх кріплення – на рис. 2.19. Короби мають жалюзі та змінний переріз подовжині.

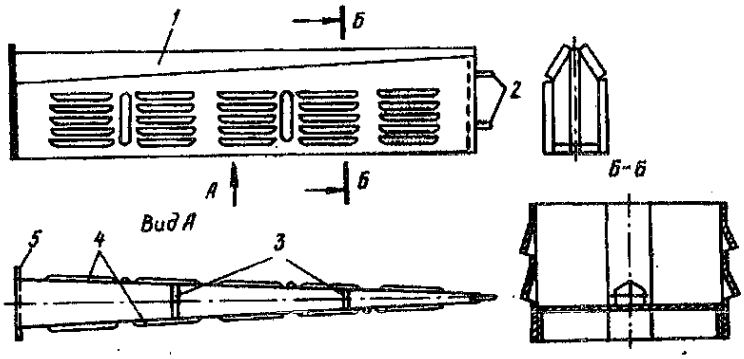


Рис. 2.18. Конструкція повітророзподільних коробів зерносушарок АІ-УЗМ, АІ-ДСП-50, АІ-УСШ:

1 – верхня частина; *2* – шпильки для закріплення; *3* – перемички; *4* – бічні жалюзійні стінки; *5* – відсортування

Випускний механізм неперервної дії зерносушарки АІ-УЗМ, виконаний у вигляді етажерки, складається з двох рам, розташованих одна під одною (рис. 2.20). Верхня рухома рама має горизонтальні полички зі щілинами та скребачки, розташовані під цими щілинами і з'єднані рамою. Нижню нерухому раму виконано у вигляді рядугоризонтальних поличок. Випуск зерна відбувається одночасно з поличок обох рам (рис. 2.21). Випускний механізм виконано так, що вихід зерна припиняється в разі призупинення рухомої рами в будь-якому положенні.

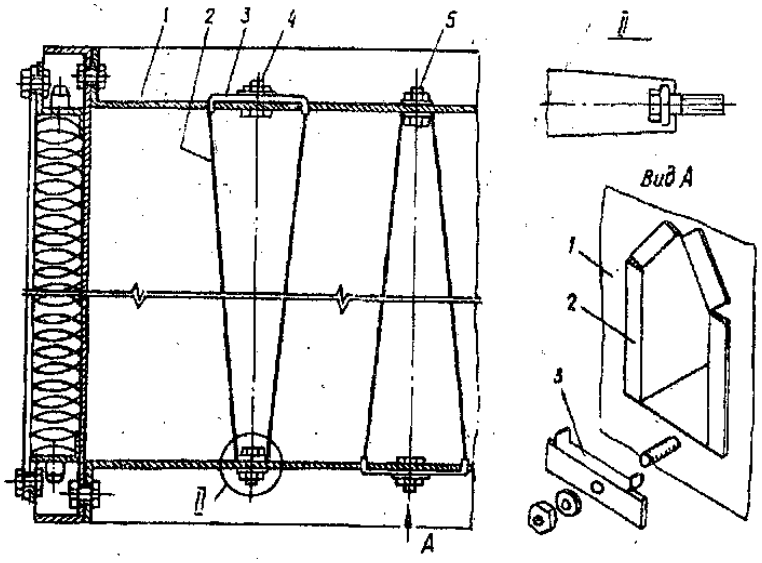


Рис. 2.19. Кріплення повітророзподільних коробів зерносушарок АІ-УЗМ, АІ-ДСП-50, АІ-УСШ:

1 – стінка секції; *2* – короб; *3* – планка для кріплення короба з широкого боку; *4* – болт з гайкою дня кріплення короба до секції; *5* – шпилька з гайками для кріплення короба з вузького боку

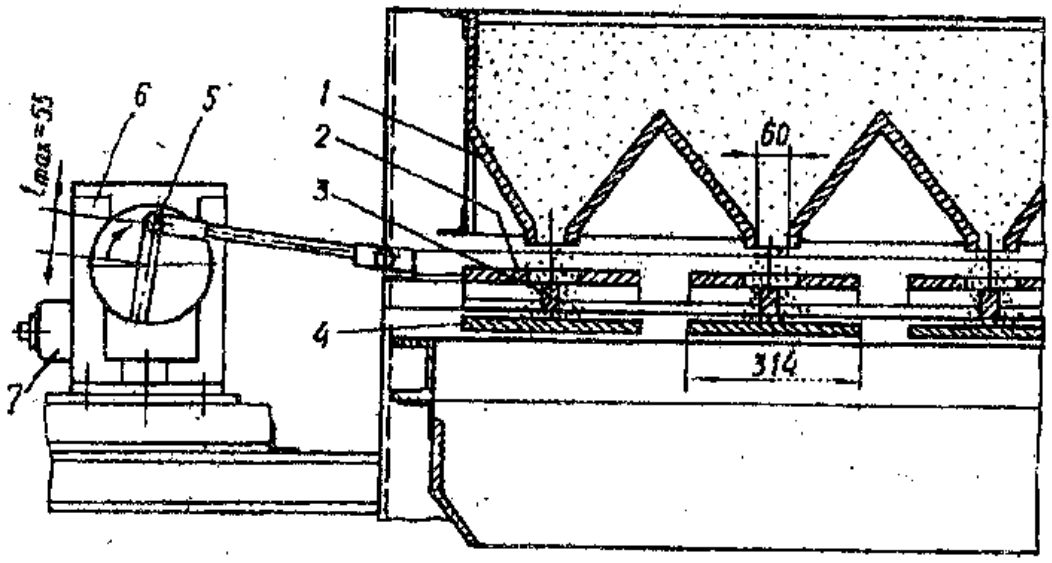


Рис. 2.20. Випускний механізм неперервної дії зерносушарки АІ-УЗМ:

1 – нерухомий скат; *2* – верхня рухома попичка; *3* – скребачка; *4* – нижня нерухома поличка;*5* – ексцентрик; *6* – редуктор; *7* – електродвигун

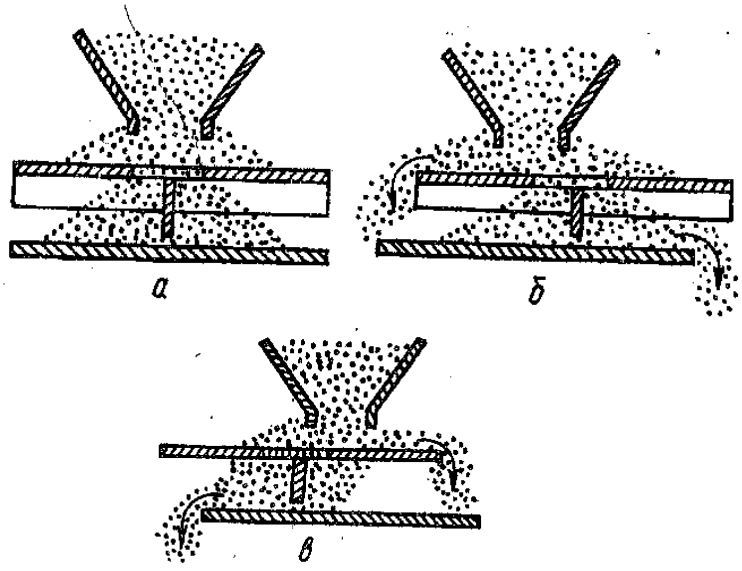


Рис. 2.21. Середнє (*а*), крайнє праве (*б*) та крайнє ліве (*в*) положення поличок під час роботи випускного механізму зерносушарки АІ-УЗМ

Продуктивність зерносушарки при наявності випускного механізму неперервної дії можна регулювати залежно від вологості зерна на виході з шахти зміною ексцентриситету та тривалості роботи випускного механізму (регулює реле часу). Максимальна

продуктивність (при ексцентриситеті 55 мм і неперервній роботі сушарки) становить 80...100 т/год.

Випускний механізм приводиться у зворотно-поступальний рух від електродвигуна (H = 1,5 кВт, n = 1000 x^{-1}) через редуктор з передаточним числом i = 16 та ексцентриковий механізм з ексцентриситетом l_{max} = 55 мм.

На рис. 2.22 показано конструкцію випускного механізму роторного типу, встановленого у зерносушарці АІ-УСШ який складається із станини *1*, восьми напрямних лотків *2*, дном яких є поворотні Г-подібні полички *6* (при необхідності вони повертаються навколо своєї осі *5* за допомогою важелів-підвісок *3* та фіксуються упорами, які є на поздовжньому кутику *4*), Електродвигун*8*через редуктор *9* і ланцюгову передачу *10* приводить у рух ротори *7*. Робота випускного механізму неперервно-періодична, її регулюють вручну й автоматично. В автоматичному режимі роботою випускного механізму керує вологомір зерна, який видає імпульси на зміну тривалості його вмикання.

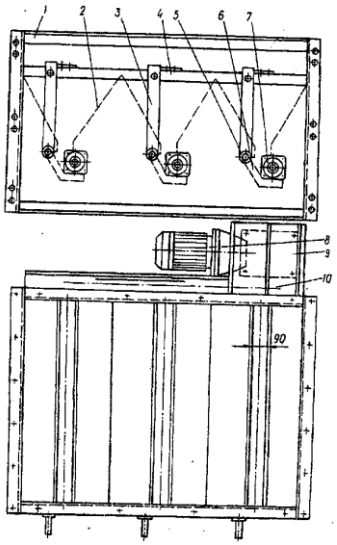


Рис. 2.22. Випускний механізм роторного типу зерносушарки АІ-УСШ

У зерносушарках РД-2×25-70, У2-УЗБ-50, АІ-УЗМ установлено безприводний випускний пристрій (рис. 2.23), два верхніх *10,* середній *5* пірамідальних бункерів та нижній бункер *2,* розміщених у нижній

частині сушильної шахти. Всередині верхніх бункерів є роз сікачі *6, 8, 11,* під кожним з яких установлено засувку, що дає змогу змінювати швидкість руху зерна на окремих ділянках шахти. Пристрій має вісім випускних отворів, утворених конусними розсікачами, та чотири ради лотків по висоті. Зернові потоки з кожних двох лотків верхнього ряду об'єднуються в одному лотку, розташованому нижче. Решта позиційних позначень на рис. 2.23 розшифровуються так: *1* – засувка; *3,4,7,9* – клапани.

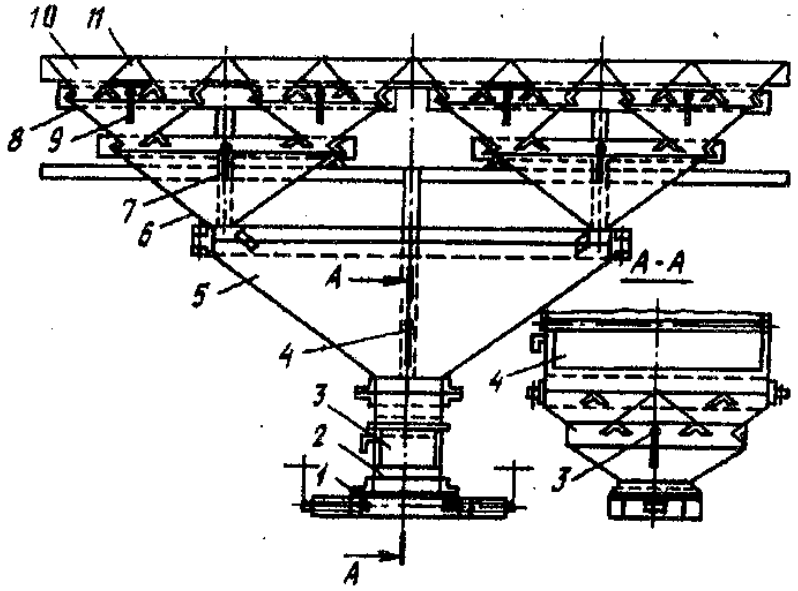


Рис. 2.23. Безприводний випускний пристрій зерносушарок РД-2х25-70, У2-УЗБ-50, АІ-УЗМ

Зерносушарки типуРД

Зерносушарка РД-2×25-70. Призначена вона для сушіння засміченого та з високою вологістю зерна пшениці, жита вівса, ячменю. Сушарка складається з двох агрегатів продуктивністю 25 пл. т/год кожний, що дає змогу сушити одночасно дві партії зерна. Встановлюють її поза будівлями у прив'язці до силосного корпуса елеватора.

Зерносушарку РД-2×25-70 виготовляють у вигляді окремих стальних секцій. Кожний агрегат сушарки (рис. 2.24) складається з таких основних вузлів: камери нагрівання *1*; вентилятора *5* цієї камери; бункера *4* над камерою нагрівання; завантажувального

пристрою *3*; тепловологообмінника *7*; шахт *8* проміжного та кінцевого охолодження; осадної камери *2* з циклонами; безприводних випускних пристроїв *9*; топки *11*; повітропроводів 6; вентиляторів *10*; дифузорів тепловентиляційної системи. Шахти охолодження мають вентилятори Ц4-70 № 12, а камери нагрівання – рентилятори Ц9-55 №8. Зерносушарку обслуговують дві норії, призначені для рециркуляції зерна, продуктивністю 175 т/год кожна.

Бункери над камерою нагрівання забезпечують накопичення суміші зерна, що подається в них норіями. Бункери зварено з листової сталі розмірами 3000×2000×2730 мм. Стінка однієї секції над осадною камерою має схил 40°. Надлишок зерна з бункера надходить у камеру нагрівання *1* через два переливних патрубки перерізом 200×200 мм.

У нижній частині бункера встановлено завантажувальної пристрій, який виконує функції рівномірної подачі зерна в камеру нагрівання та утворення зернової подушки у бункері, що перешкоджає підсмоктуванню атмосферного повітря в камеру нагрівання.

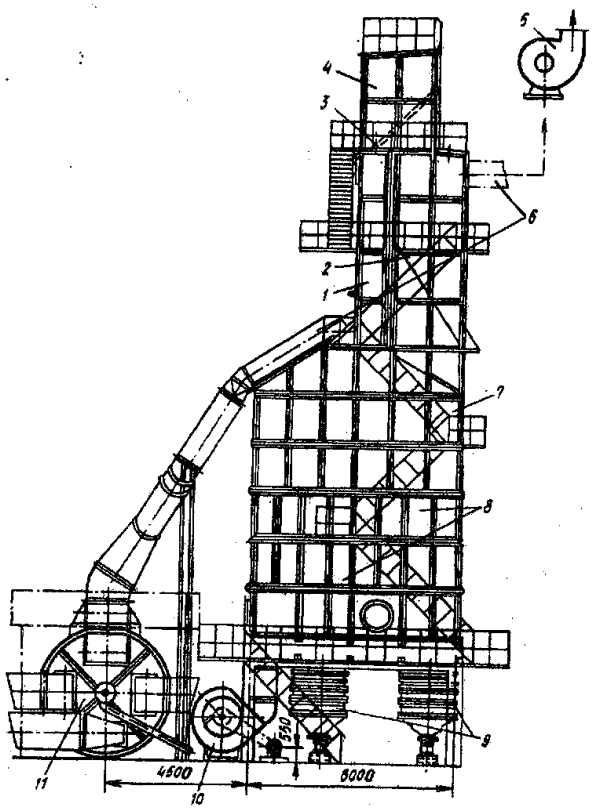


Рис. 2.24. Зерносушарка РД-2×25-70

Завантажувальний пристрій зерносушарки (рис. 2.25) складається із чотирьох воронок *1* з випускними отворами розмірами 200×200 мм кожний і двох горизонтально розташованих рам. У кожній рамі є шість опорних роликів для їїгоризонтального переміщення по напрямним за допомогоюгвинтового механізму з приводом від електродвигуна. Дистанційне керування засувками завантажувального пристрою забезпечується електродвигуном з потужністю 0,6 кВт з частотою обертання 910 $хв^{-1}$ через гвинтовий механізм *2*.

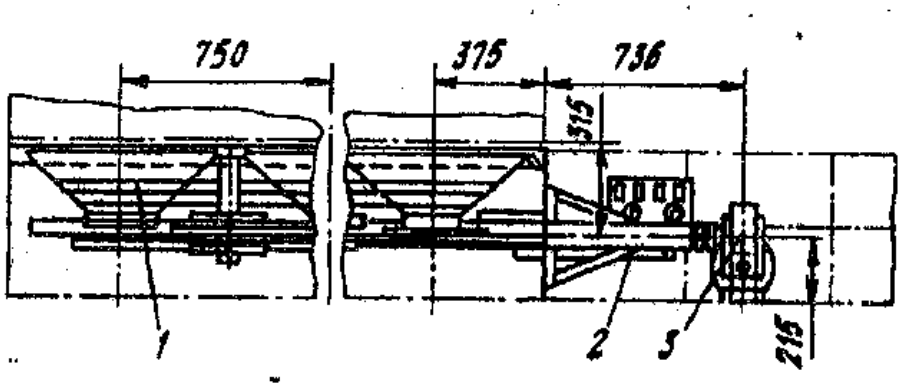


Рис. 2.25. Завантажувальний пристрій зерносушарки РД-2×25-70

Камера нагрівання зерносушарки (рис. 2.26) призначена для нагрівання суміші рециркулюючого та сирого зерна агентом сушіння. Вона з'єднана з осадовою камерою та складається по висоті з чотирьох секцій. Як гальмівні елементи *2* в камері нагрівання застосовуються 19 рядів металевих труб Ø27 мм з вертикальним кроком 200 мм і горизонтальним 400 мм. У кожному ряду труб є 6 – 7 стержнів, розташованих у шаховому порядку, що дає змогу рівномірно розподіляти зерно по камері нагрівання.

Останнім часом як гальмівні елементи використовуються гірлянди з вільно висячих конусів *3* (рис. 2.27). Ці елементи мають забезпечувати перебування зерна в камері нагрівання протягом не менш як 2...3 с. Для зменшення втрати теплоти у зовнішнє середовище камеру нагрівання теплоізольовано від корпуса *1* скловатою *2* завтовшки 50 мм, яку для запобігання її від механічного пошкодження обшивають листовою сталлю завтовшки 1 мм.

Агент сушіння в камеру нагрівання подається через дифузор *1* (див. рис. 2.26), розташований у її нижній частині над тепловологообмінником. Відпрацьований агент сушіння відводиться від камери нагрівання через отвір *3* в осадну камеру. Температура агента сушіння на вході в камеру нагрівання становить 250...350 °С, а на її виході – не більш як 80 °С.

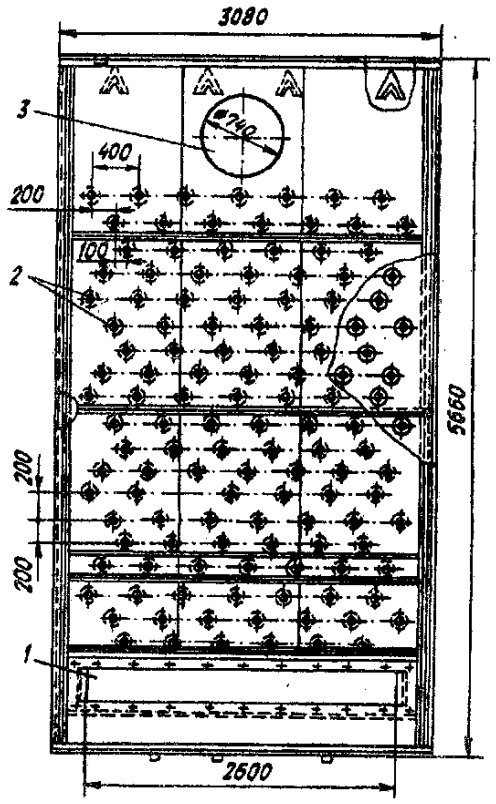


Рис. 2.26. Камера нагрівання зерносушарки РД-2×25-70

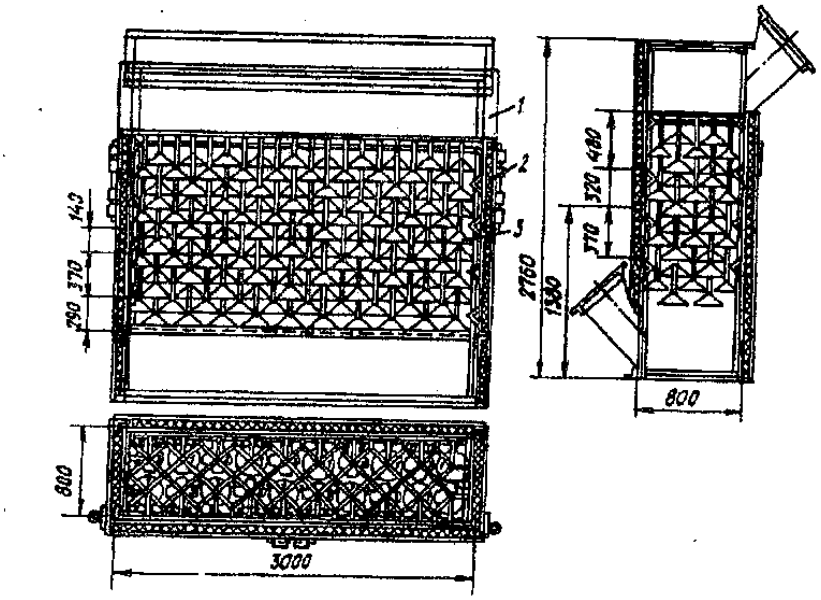


Рис. 2.27. Будова камери нагрівання зерносушарки РД-2×25-70

Осадова камера зерносушарки призначена для відокремлення легких домішок із відпрацьованого агента сушіння. Вона складається з чотирьох секцій розмірами 3000×2000×5500 мм кожна і має вигляд прямокутного бункера, що переходить у зрізанупіраміду. Всередині верхньої секції осадної камери встановлено відбивний щит і зроблено отвір для відведення відпрацьованого агента сушіння. У верхній частині камери змонтовано люк і сходи для її обслуговування.

Тепловологообмінник зерносушарки служить для вирівнювання температури та часткового перерозподілу вологи між рециркулюючим і сирим зерном, що надходять на сушіння, а також для вирівнювання вологи та температури в зерні. Він складається з трьох секцій і має висоту 4240 мм, розміри в плані 6000×3000 мм, об’єм 60,4 м^3. Його верхню секцію виконано з нахилом 30° в обидва боки від камери нагрівання. Щоб запобігти переповненню тепловологообмінника зерном, передбачено зливні самопливи, по яких надлишки зерна надходять у рециркуляційну норію.

Для дистанційного контролю за температурою та рівнем зерна у тепловологообміннику встановлено терморезистори і два датчики (мембранних вимірювальних перетворювачів) МДУ-3. В його верхній

частині зроблено покритий шаром теплоізоляції люк для огляду, очищення та ремонту тепловологообмінника.

Шахти охолодження зерносушарки призначені як для охолодження нагрітого зерна, так і для часткового випаровування вологи з нього. Одна з них необхідна для кінцевого охолодження зерна при встановленому режимі сушіння, інша (рециркуляційна) – для часткового охолодження зерна та випаровування вологи з нього. Шахти однакової висоти (4250 мм) мають розміри в плані 3000×1500 мм. Кожна з них по висоті складається із трьох ланок, які монтують на залізобетонних опорах. У кожній шахті розміщено по 24 ряди коробів змінного перерізу, встановлених у шаховому порядку касетами по два короби в кожній. Всього в шахті є 52 підвідних короби та 14 напівкоробів, 56 відвідних коробів і вісім напівкоробів. Захисні козирки, виготовлені з оцинкованої сталі, перешкоджають потраплянню у відвідні короби шахти проміжного охолодження атмосферних опадів.

Напірно-розподільну камеру зерносушарки розміщено збоку шахти кінцевого охолодження зерна. Атмосферне повітря продувається послідовно, спочатку через шахту кінцевого охолодження (охолоджуючи зерно, що випускається із сушарки), а потім через рециркуляційну шахту. Всередині напірно-розподільної камери є дифузор для рівномірного розподілу повітря між коробами.

Для випуску зерна із шахт у зерносушарці встановлено безпривідні випускні пристрої. Регулювання пропускної здатності сушарки забезпечується двостулковою гвинтовою засувкою, встановленою у випускному патрубку. Безпривідний випускний пристрій виготовлено з окремих вузлів, які складають на місці монтажу зерносушарки. Повітря для охолодження зерна нагнітається вентилятором у напірно-розподільну камеру. Відпрацьований агент сушіння відводиться по повітропроводу Ø640 мм у два циклони ЦОЛ-12. Аспіраційні відходи з-під осадних камер спрямовуються безроликовим конвеєром у бункер.

Технологічну схему зерносушарки РД-2×25-70 зображено на рис. 2.28. Працює вона так. Сире зерно з бункера (зі складу, елеватора або безпосередньо з автомобіля чи залізничного транспорту), а рециркулююче з охолоджувальної шахти проміжного охолодження

подаються в норію, звідки їх суміш спрямовується в бункер, розташований над камерою нагрівання зерна. За допомогою завантажувального механізму зерно у вигляді «дощу» надходить у камеру нагрівання з гальмівними елементами, де воно зустрічним потоком агента сушіння нагрівається і частково сушиться. З камери нагрівання зерно подається у тепловологообмінник, де відбувається вирівнювання температури зерна та частково перерозподіляється волога як у зернині, так і по всій зерновій масі. Рециркулююче сухе більш нагріте зерно передає тепло сирому, а сире зерно – вологу рециркулюючому.

Із тепловологообмінника зерно спрямовується в шахти проміжного та кінцевого його охолодження. Із шахти проміжного охолодження зерно надходить у норію, де воно змішується з сирим зерном, а із шахти кінцевого охолодженнявнорію і далі у склад або елеватор.

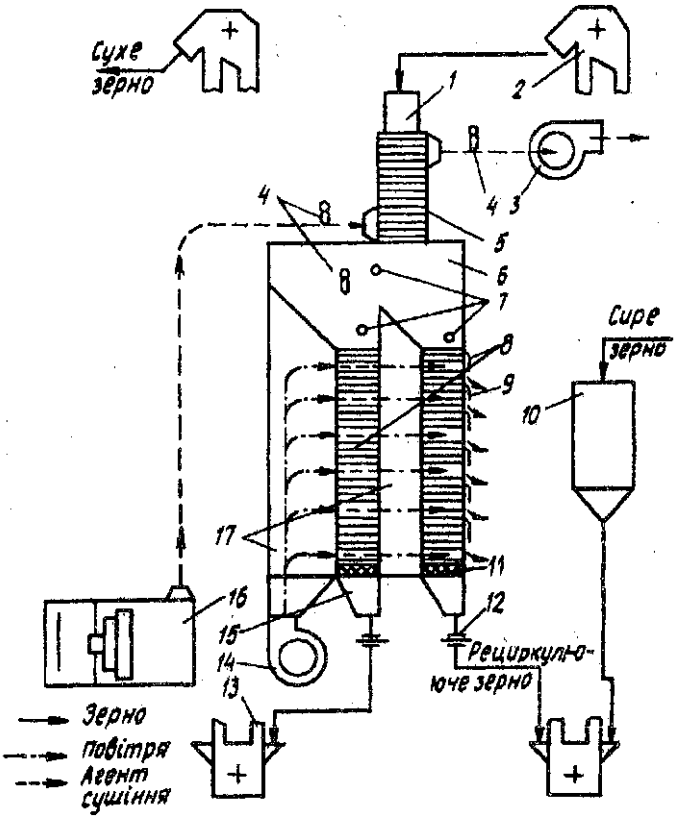


Рис. 2.28. Технологічна схема зерносушарки РД-2×25-70:

1 – бункер над камерою нагрівання; *2* – рециркуляційна норія; *3*, *14* – вентилятори; *4* – термометри опору; *5* – камера нагрівання; *6* – тепловологообмінник; *7* – датчики рівня; *8* – охолоджувальна шахта; *9* – захисні козирки; *10* – оперативний бункер; *11* – випускний пристрій; *12* – засувка; *13*– норія сухого зерна; *15* – підсушильний бункер; *16* – топка; *17* – напірно-розподільні камери

У зерносушарці РД-2×25-70 автоматизовано такі операції: пуск сушарки – подачу та запалювання палива, тобто спалах факела; контроль наявності факела за допомогою фотореле (при зникненні факела автоматично вимикається подача палива й одночасно подається звуковий аварійний сигнал); вимикання подачі палива в разі підвищення температури відпрацьованого агента сушіння понад + 80 °С; вимикання подачі палива в разі припинення подачі зерна в сушарку; вимикання подачі палива при спаді тиску повітря у форсунці; контроль вологості зерна на виході із сушарки та спрямовування його на повторне сушіння (при вологості, що перевищує задану) з автоматичною подачею звукового та світлового сигналів.

Передбачено також дистанційний пуск і призупинення всіх електродвигунів зерносушарки, а також світлову сигналізацію про роботу вентиляторів і стан усіх механізмів та датчиків рівня зерна в бункерах сушарки. Системи керування блокуванням і сигналізацією транспортуючих машин та механізмів, подачею сирого і забирання сухого зерна вибираються під час прив’язки зерносушарки до місця її встановлення.

У зерносушарці передбачено особливі заходи з техніки безпеки при згорянні рідкого палива: автоматично припиняється його подача в разі зникнення факела, зниження рівня зерна в бункерах над камерою нагрівання, спаді тиску повітря у форсунці.

Зерносушарка У2-УЗБ-50. Це вдосконалена конструкція зерносушарки РД-2×25-70, в якій враховано досвід виготовлення, монтажу, налагодження та експлуатації останньої. Призначення та використання цієї сушарки такі самі, як і зерносушарки РД-2×25-70.

Зерносушарка У2-УЗБ-50 є поєднанням двох однакових агрегатів продуктивністю 25 пл.т/год кожний з загальними топкою, повітропроводом агента сушіння, а також системами керування,

контролю, сигналізації, подачі електроенергії та палива. До її складу входять (рис. 2.29): надсушильні бункери *2;* камери нагрівання *5*; тепловологообмінники *7*; шахти охолодження *8* (одна з них – рециркуляційна) в комплекті з напірно-розподільними камерами; випускні пристрої *10;* норії *1;* повітропроводи *4* агента сушіння для підведення його до камер нагрівання; топка *11* для згоряння рідкого палива; вентилятори агента сушіння; конфузор; дифузори – *6, 14*; вентилятори – *12, 13* шахт охолодження зерна; завантажувальні механізми *3;* сходи *9.*

Технологічну схему зерносушарки У2-УЗБ-50 показано на рис. 2.30. Її робота після заповнення сирим зерном починається з його сушіння в режимі роботи «на себе». Для заповнення сушарки треба мати 90 т зерна. В режимі роботи «на себе» зерно із сушарки подається в рециркуляційну норію, яка повертає його на сушіння до заданої вологості.

У кожний агрегат сушарки сире зерно надходить із свого бункера *5*. Для забезпечення необхідної оперативності її роботи бункери обладнано дистанційно керованими засувками *3-1а* та *3-1б,* які налагоджено на два положення: «Відчинено» і «Зачинено». Під бункерами встановлено засувки *3-2а* та *3-2б* з ручним керуванням для регулювання кількості сирого зерна, що подається на сушіння у башмаки рециркуляційної норії.

У кожний башмак спареної рециркуляційної норії *12* одночасно із сирим подається зерно з рециркуляційної шахти *8* та зі зливного бункера *10,* який призначений для приймання залишків зерна з тепловологообмінника *7*. Здобута суміш зерна транспортується рециркуляційною норією у відповідний бункер і камеру нагрівання *6.* Подача зерна із надсушильних бункерів у камери нагрівання регулюється приводними засувними *3-3а* та *3-3б.*

У камерах нагрівання швидкість падіння зерна зменшується (тривалість його перебування тут становить до 2...3 с), оскільки у них є гальмівні елементи півсферичної форми, і розбризкується у вигляді «дощу». Це сприяє кращій передачі теплоти від агента сушіння до зерна, які рухаються назустріч один одному. Зерно з камери нагрівання падає у тепловологообмінник, де воно знаходиться близько

10 хв. За цей час відбувається процес перерозподілу теплоти та частково волога у зерновій суміші.

Із тепловологообмінників зерно надходить паралельно у рециркуляційні шахти *8* та шахти *9* кінцевого охолодження, де воно сушиться та охолоджується. У шахтах нагріте зерно продувається атмосферним повітрям послідовно: спочатку у шахтах кінцевого охолодження, а потім у рециркуляційних.

Зниження температури зерна у рециркуляційних шахтах охолодження значно менше, ніж у шахтах кінцевого охолодження, внаслідок великої швидкості руху рециркулюючого зерна через ці шахти та більшої температури повітря, що нагнітається в них вентиляторами *13* з атмосфери.

Продуктивність шахт охолодження зерна регулюється безприводними випускними пристроями. Кількість зерна на виході із шахт охолодження можна регулювати засувками *3-4а, 3-5а, 3-46, 3-56* з ручним керуванням.

Із шахт кінцевого охолодження зерно надходить у бункери для сухого зерна або у башмак рециркуляційної норії для повернення його у зерносушарку на досушування, якщо вологість зерна перевищує задану.

Решта позиційних позначень на рис. 2.30 розшифровуються так: *1* – норія сухого зерна; *2* – конвеєр; *3* – вентилятори Ц-14-46 №8; *4* – пиловідокрем-лювач; *11* – вологомір; *14* – форсунка; *15* – топка; *16* – вентилятор високого тиску; *17* – термометри.

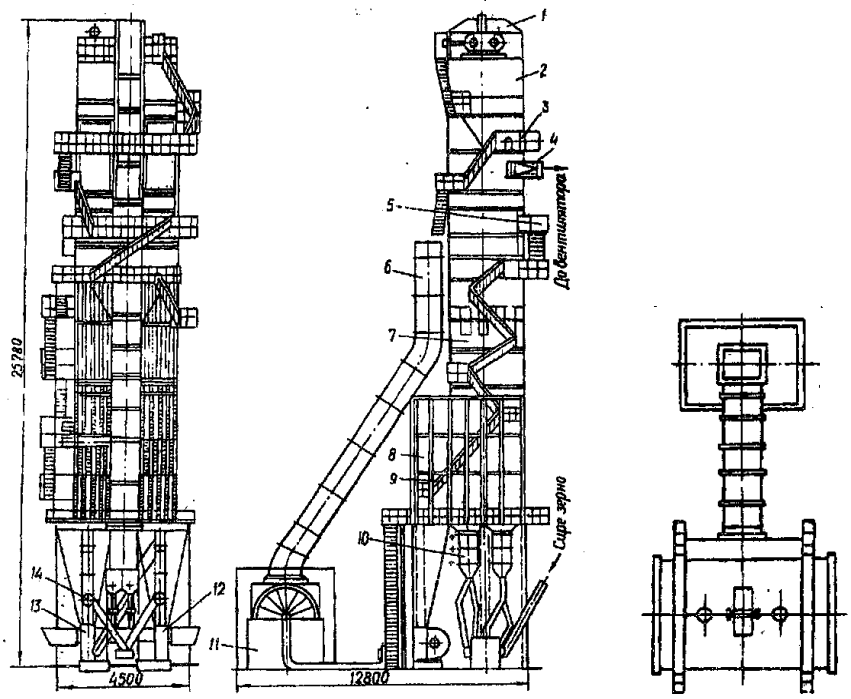


Рис.2.29.Зерносушарка У2-УЗБ-50

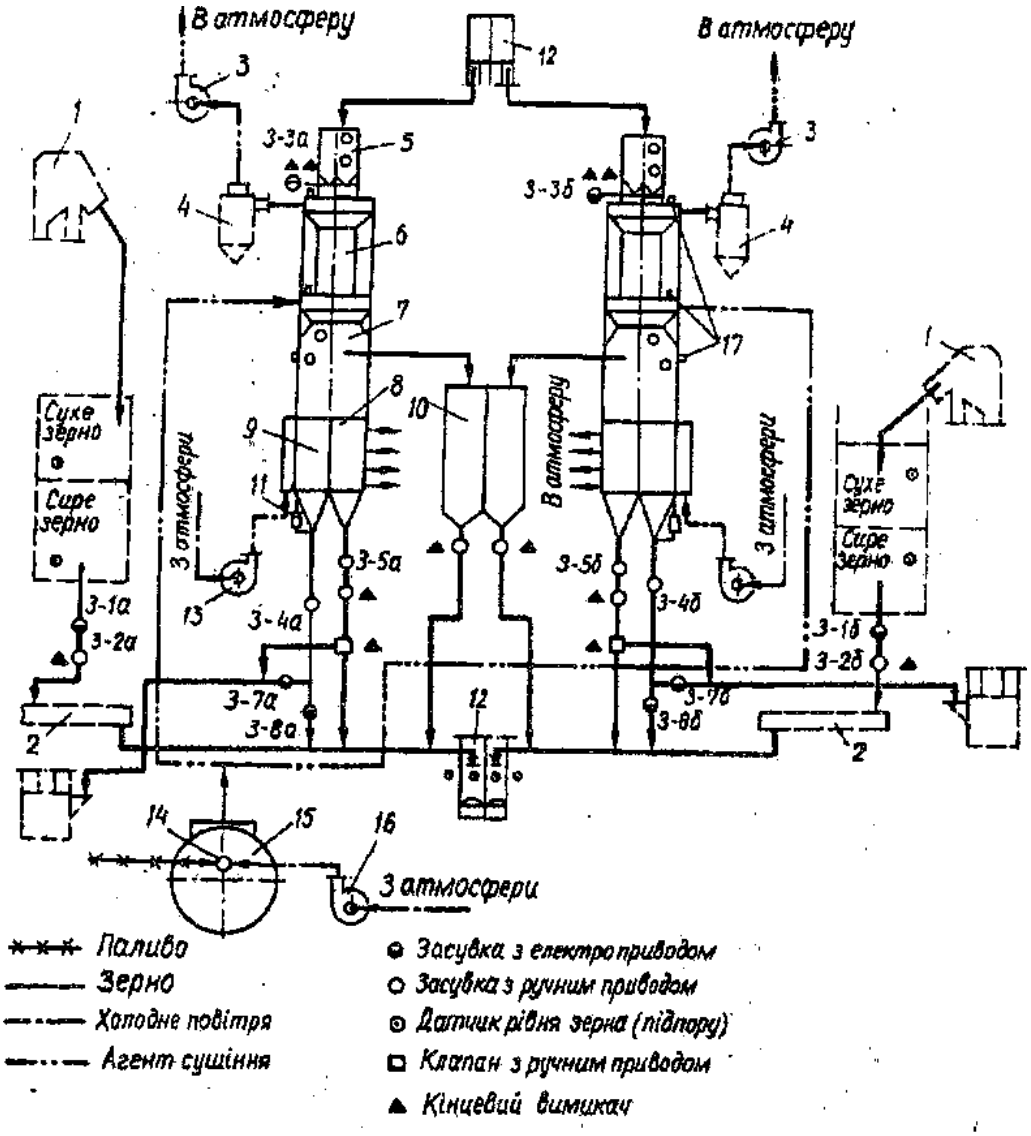


Рис. 2.30. Технологічна схема зерносушарки У2-УЗБ-50

Зерносушарки АІ-УЗМ, АІ-ДСП-50, АІ-УСШ

Зерносушарка АІ-УЗМ. Призначена для сушіння насіння соняшника, кукурудзи, а також пшениці та інших зернових культур.

Зерносушарка АІ-УЗМ (рис. 2.31) складається з таких основних частин: надсушильного бункера *1;* двох сушильних шахт *8;* тепловологообмінника *10;* напірно-розподільної камери *7* з підігрівником; безприводного випускного пристрою *6*; випускного механізму *12* із приводом; вентиляційного устаткування, що включає два вентилятори *3* типу Ц-4-76-10Ж-02 та дифузор *2;* повітропроводів і газоходів; топки *4* для згоряння рідкого палива; шафи керування *5*; системи очищення відпрацьованих агента сушіння та охолоджуючого

повітря *9*; двох норій *13*; майданчиківта драбин; охолоджувальної шахти *11*.

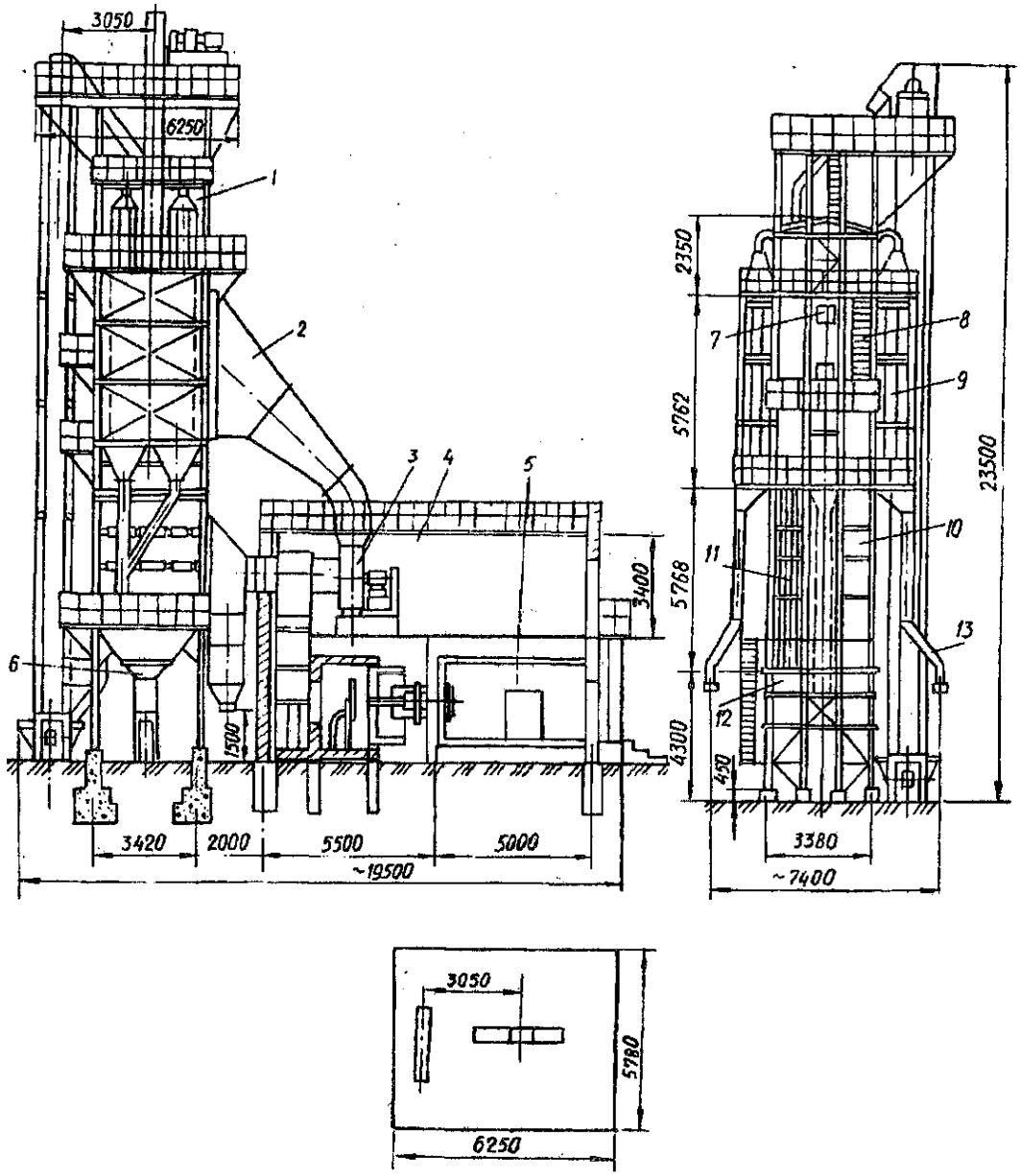


Рис. 2.31. Зерносушарка АІ-УЗМ

Сире зерно із складів або елеватора подається в оперативний бункер *1* (рис. 2.32), звідки по зливній самопливній трубі воно надходить у норію №1 (при переповненні бункера засувка його на самопливній трубі закривається). Необхідна кількість зерна для заповнення сушарки становить близько 60 т.

Із норії №1 по самопливній трубі зерно спрямовується у надсушильний бункер *5* і далі подається в сушильну шахту *4* та тепловологообмінник *3*. Через безпривідний випускний пристрій *2* воно надходить у норію №2. З неї зерно по самопливній трубі спрямовується у надсушильний бункер *6*, а його зливання відбувається через перегородку *7* у бункер *8* та підігрівник каскадного типу *9*. З останнього зерно по основній самопливній трубі подається у норію №1, де воно змішується з сирим зерном, що надходить із бункера *1*. Зерно, яке спрямовується у надсушильний бункер *6*, проходить через сушильну шахту *10* та охолоджувальну зону *14*. Вихід зерна із шахти здійснюється випускним механізмом *16*, режим роботи якого коректується залежно від кінцевої вологості зерна. Із підсушильного бункера зерно за допомогою норії №3 надходить у склад або силос елеватора.

Якщо вологість зерна на виході з охолоджувальної зони перевищує норму (контроль забезпечується вологоміром), то перекидний клапан перекриває зливну самопливну трубу і недосушене зерно повертається в сушарку.

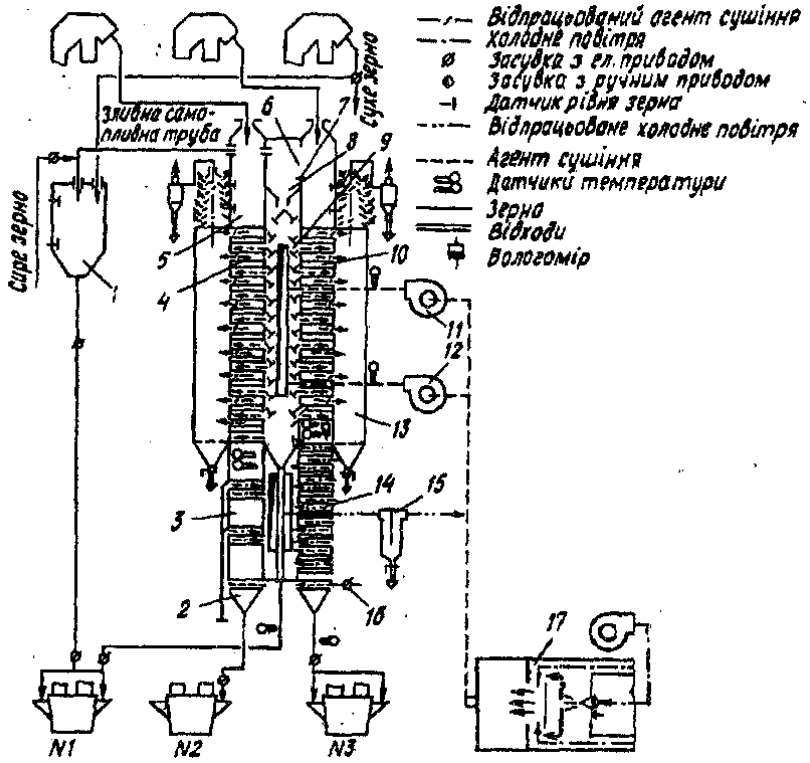


Рис. 2.32. Технологічна схема зерносушарки АІ-УЗМ

Агент сушіння із топки *17* і паралельно з охолоджувальної зони *14* всмоктується вентиляторами *11, 12* і подається у напірно-розподільну камеру. Після проходження через підігрівник *9* каскадного типу, де здійснюється нагрівання зерна у падаючому шарі, агент сушіння спрямовується в сушильні шахти *4* та *10.* Тут зерно сушиться у щільному малорухомому шарі. Відпрацьований агент сушіння очищається в осадних камерах *13* та в інерційних пиловіддільниках і викидається в атмосферу.

Охолодження зерна здійснюється в зоні *14* зовнішнім повітрям, яке всмоктується вентиляторами *11* та *12* і проходячи через осадну камеру *15,* змішується з агентом сушіння.

Процес сушіння зерна у сушарці АІ-УЗМ відбувається так. Заздалегідь просушене і нагріте до 45...48 °Супершій сушильній шахті зерно протягом 5...10 с нагрівається у підігрівнику каскадного типу до гранично допустимої температури 35...50 °С. Температура агента сушіння, на вході напірно- розподільної камери становить 140...160 °С для зерна продовольчого призначення та 80...100 °С для насіннєвого зерна.

Після цього нагріте зерно змішується з сирим і подається у надсушильний бункер першої сушильної шахти, де протягом 3 хв відбувається тепловологообмін. Потім зерно протягом 4...5 хв проходить через першу сушильну шахту і надходить у тепловологообмінник, де воно затримується на 6...7 хв. Далі зерно спрямовується у надсушильний бункер другої сушильної шахти, де тепловологообмін триває протягом 9...10 хв, після чого зерно досушується в другій сушильній шахті протягом 10...12 хв. Температура агента сушіння на вході сушильних шахт становить 110...130 °С, на виході – 40...50 °С. Охолодження зерна атмосферним повітрям триває в шахті 10...12хв.

Сушильні, шахти зерносушарки АІ-УЗМ є її основною частиною і складаються з п’яти секцій (рис. 2.33). Внутрішні розміри кожної секції у плані становлять 3200×985 мм, висота дорівнює 1150 мм. У бічних стінках 1...3 сушильних шахт є гнізда для коробів *4.* Одні з них необхідні для підведення агента сушіння до зернової маси і називаються підвідними, інші призначені для його відведення, тобто є відвідними. Короби виготовлено зі сталі завтовшки 1,5 мм.

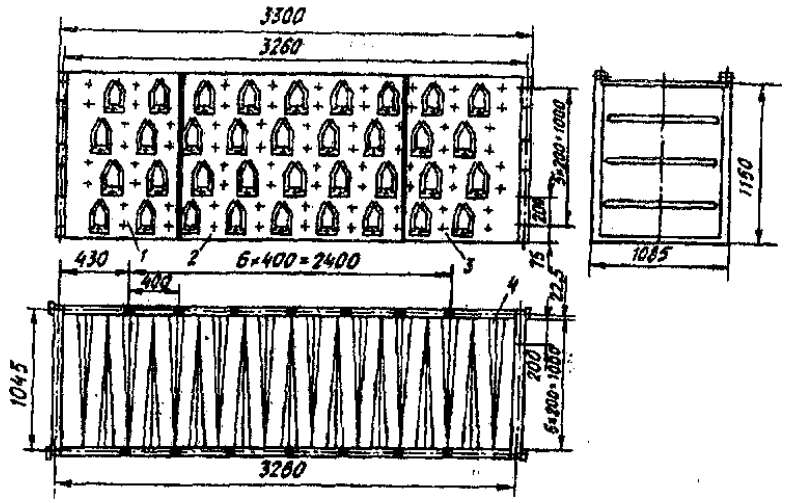


Рис. 2.33 Сушильна шахта зерносушарки АІ-УЗМ

Короби встановлено та закріплено скобами, відкритим кінцем – у вікнах стінки сушильної секції камери. Другим кінцем вони впираються у глуху зовнішню стінку сушильної секції, де їх закріплено за допомогою двох шпильок з гайками (кожний короб). Короби виконано у вигляді клина по довжині з жалюзійними бічними стінками. Підвідні та відвідні короби чергуються між собою в кожному ряду.

Агент сушіння нагнітається двома вентиляторами Ц-4-76-10Ж-02 у напірно-розподільну камеру. Пройшовши крізь шар зерна у підігрівнику каскадного типу (рис. 2.34), розташованому по всій висоті напірно-розподільної камери (*2*– сушильна секція шахти), агент сушіння через відкриті кінці підвідних коробів надходить усередину жалюзійних коробів і виходить із них через жалюзі та під коробом, пронизуючи шар зерна. Через відвідні короби відпрацьований агент сушіння потрапляє в осадні камери, а потім в інерційні пиловіддільники і викидається в атмосферу.

Пронизуючи шар зерна, агент сушіння віддає більшу частину своєї теплоти на випаровування вологи та нагрівання зернової маси, поглинає вологу і виносить її із сушильних шахт. Для запобігання перегріванню зерна вище допустимої температури у сушильних секціях з боку напірно-розподільної камери вмонтовано секцію *1* (рис. 2.35) з механізмом відбирання зерна, яка містить відбірник *3* з приводом *4*, датчик *2* вологоміра для визначення вологості зерна на

вході охолоджувальної зони та прилади, що контролюють температуру зерна.

Підвідні й відвідні короби охолоджувальної шахти утворюють клиноподібні жалюзійні колонки, які в горизонтальному напрямку чергуються між собою. Зерно охолоджується атмосферним повітрям, яке всмоктується вентиляторами. Сушильні та охолоджувальні шахти зерносушарки монтують на основі, що спирається на фундаменти.

Під шахтами є прилади для випуску зерна із шахт: під першою – безприводний випускний пристрій, під другою – випускний механізм неперервної дії з приводом.

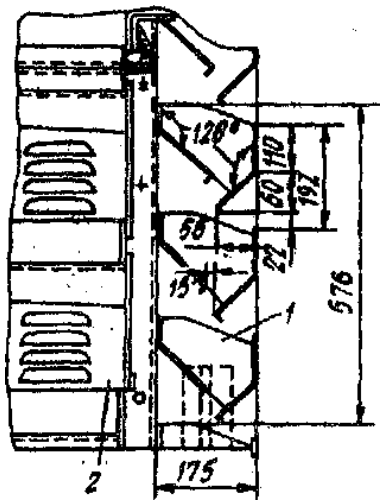


Рис. 2.34. Розміщення підігрівника каскадного типу біля сушильної секції шахти зерносушарки АІ-УЗМ

Для ремонту та монтажу, а також доступу обслуговуючого персоналу у напірно-розподільні камери у торцевих стінках стояка лазів передбачено люки розмірами 700×1000 мм. Під час обслуговування сушильних та охолоджувальних шахт, а також завантажувальних пристроїв користуються вертикальною металевою драбиною з огородженнями і площадками для входу у напірно-розподільні й осадні камери зерносушарки.

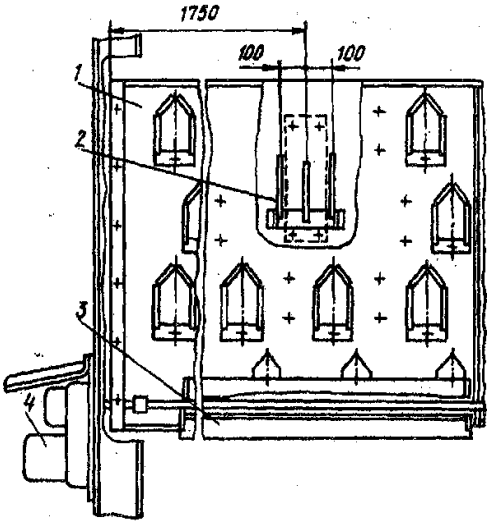


Рис. 2.35. Секція з відбірником зерна та датчиком вологоміра зерносушарки АІ-УЗМ

Сушарку АІ-УЗМ розміщують біля топки, що працює на рідкому паливі й оснащена форсункою Ф-1, форкамерою з відбивачами для кращого перемішування топкових газів з атмосферним повітрям, вентилятором АВД, паливопроводом та апаратурою для автоматичного регулювання і контролю процесу горіння палива. У будівлі, в якій встановлено топку, мають бути спеціальні канали для забирання атмосферного повітря.

Повітря, зміщуючись з продуктами згоряння, утворює газоповітряну суміш з температурою 250...300°С, яка потім змішується з відпрацьованим повітрям охолоджувальної зони й утворює агент сушіння з температурою 60... 160 °С. Кількість палива, що подається у топку, регулюють за допомогою мікрометричного клапана, кількість горючої суміші – одночасною зміною подачіповітря та палива залежно від потрібної температури агента сушіння.

Подають агент сушіння та відсмоктують повітря через зону охолодження два відцентрові вентилятори М-4-76-10Ж-02 (N= 55кВт, n= 1500 хв$^{-1}$). Ці самі вентилятори здійснюють відсмоктування повітря з охолоджувальної зони, яке потім змішується, з топковими газами і подається в напірно-розподільну камеру зерносушарки.

Вентилятори монтують на другому поверсі топкового приміщення. Дифузор від них до сушильних шахт покривають теплоізоляцією.

Очищений агент сушіння викидається в атмосферу через жалюзі інерційних пиловіддільників (рис. 2.36); а 5...7 % агента сушіння, що має високу концентрацію пилу, спрямовуються в мікроциклони, які з'єднані з інерційними пиловіддільниками або встановлені на пиловіддільних бункерах. Прив'язка мікроциклонів до зерносушарки здійснюється на кожному хлібоприймальному підприємстві окремо.

Осадні камери кріпляться до сушильних секцій з боку виходу відпрацьованого агента сушіння. Безпривідний випускний пристрій першої сушильної шахти має вигляд металевого пірамідального бункера, встановленого біля основи сушарки в нижній частині шахти. Всередині бункера є конусні розсікачі зерна, під кожним з яких розміщено засувку, що дає змогу змінювати швидкість руху зерна на окремих ділянках шахти. Випускний пристрій має вісім отворів, утворених конусними розсікачами, а по висоті – чотири ряди лотків. Зернові потоки з кожних двох лотків ряду, що знаходиться вище, об'єднується в одному лотку, розташованому нижче. Продуктивність пристрою відповідає продуктивності рециркуляційної норії зерносушарки.

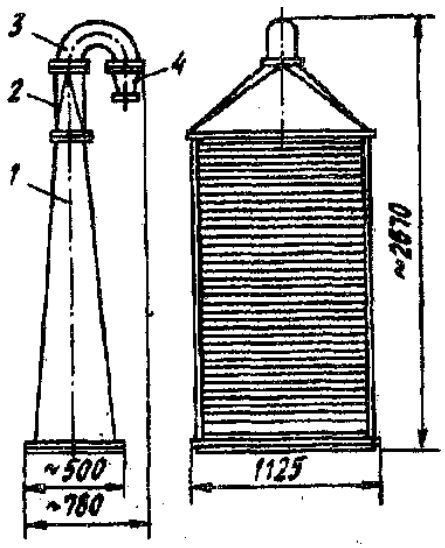


Рис. 2.36. Інерційний пиловіддільник зерносушарки АІ-УЗМ:

1 – інерційник; *2* – конус; *3* – коліно; *4* – патрубок для з'єднання а аспіраційною мережею

Випускний механізм другої сушильної шахти приводиться у зворотно-поступальний рух від електродвигуна (1,5 кВт, п = 1000 хв$^{-1}$) через редуктор з передаточним числом i = 16 та ексцентриковий механізм з ексцентриситетом l_{max} = 55 мм. Він складається з двох рам, розташованих одна під одною. Верхня рухома рама має горизонтальні полиці зі щілинами та скребачками, розміщеними під цими щілинами та жорстко з'єднаними з рамою. Нижня нерухома рама має ряд горизонтальних полиць.

Випуск зерна здійснюється одночасно з полиць обох рам. Випускний механізм виконано так, що вихід зерна припиняється в разі призупинення рухомої рами в будь-якому положенні. Продуктивність випускного механізму регулюється залежно від вологості зерна на виході з шахти зміною циклограми роботи випускного механізму та ексцентриситету. Максимальна продуктивність (при ексцентриситеті 55 мм і неперервній роботі сушарки) становить 100 т/год.

Надсушильний бункер, поділений двома внутрішніми перегородками на три частини, утворює три самостійних бункери: першої сушильної шахти, підігрівника та другої сушильної шахти. Бункер підігрівника має привідний завантажувальний пристрій для рівномірного розподілу зерна у підігрівнику. Щоб забезпечити рівномірне заповнення зерном бункерів сушильних шахт, у них установлено розсікачі. В разі переповнення бункера першої сушильної шахти зливання зерна відбувається по самопливній трубі в оперативний бункер (при його відсутності зливання можна здійснити у підігрівник через зливний отвір).

Тепловологообмінник призначений для вирівнювання температури та вологості зерна. Він виконаний у вигляді прямокутної шахти, що складається з п'яти секцій. Його розміщують після першої сушильної шахти паралельно охолоджувальній шахті. У кожній секції є один ряд підвідних і відвідних коробів для часткового регулювання охолодження зерна залежно від його нагрівання після першої сушильної шахти. Інтенсивність охолодження зерна регулюють відкриванням козирків на підвідних коробах.

Зерносушарка АІ-ДСП-50. Призначена для сушіння різних зернових культур і забезпечує високе зняття вологи й очищення відпрацьованого агента сушіння та повітря від легких домішок і пилу.

Сушильна шахта її працює на нагнітання, охолоджувальна – на всмоктування.

Зерносушарка АІ-ДСП-50 відкритого типу, виготовляють її замість зерносушарок ДСП-32от. Вона може бути встановлена на фундамент останньої з використанням топкового агрегату. Зерносушарка працює на суміші топкових газів з повітрям і може бути оснащена топкою, що працює як на рідкому, так і на газоподібному паливі.

Зерносушарка АІ-ДСП-50 (рис. 2.37) має: дві вертикальні сушильні шахти із металевих секцій; тепловологообмінники *5*; тепловологообмінник з регульованим охолодженням *3*; секції для сушіння та охолодження зерна; випускні механізми *2*; вентилятори *8* з дифузорами *7*; норії *1, 6;* осадові камери *4*; топку *9*; шафу керування. Технологічну схему сушарки зображено на рис. 2.38.

Сире зерно подається з оперативного бункера *9* і змішується з сухим нагрітим зерном, яке надходить із другої сушильної шахти *19*. Суміш спрямовується в першу рециркуляційну норію *4*. Далі суміш зерна подається в надсушильний бункер *12* (він же служить тепловологообмінником) і в першу сушильну шахту *10* та тепловологообмінник *6* з регульованим охолодженням. Потім зерно подається в другу рециркуляційну норію *3*, яка спрямовує його у надсушильний бункер *18* другої сушильної шахта. Із цього бункера зерно надходить у другу сушильну шахту *19* і далі в шахту охолодження. Крім того, частина зерна після другої зони сушильної шахти відбирається на змішування із сирим зерном. Видача просушеного й охолодженого зерна здійснюється випускними механізмами *5* періодичної дії, що мають приводи *26.*

Агент сушіння із топки *1* і відпрацьоване повітря з охолоджувальної шахти *24* всмоктуються вентиляторами *20, 21* типу Ц-4-76-10Ж-02 першої та другої сушильних зон, змішуються і подаються через дифузор та напірно-розподільну камеру у підвідні короби сушильних шахт. Далі агент сушіння проходить крізь шар зерна і виходить із відвідних коробів в осадні камери *8, 22* та в атмосферу. Решта позиційних позначень нарис. 2.38 розшифровуються так: *2* – третя норія; *7, 13...17* – самопливні труби; *11, 27*– засувки; *23* – вологомір; *25* – осадна камера.

Зерносушарка АІ-УСШ. Ця сушарка продуктивністю 50 пл.т/год має два контури сушіння і працює на чистому нагрітому повітрі. Зерносушарка АІ-УСШ відкритого типу, вона може бути розміщена біля елеваторів або зерноскладів і призначена для сушіння різних культур продовольчого та насіннєвого зерна із забезпеченням очищення відпрацьованого агента сушіння та повітря від легких домішок і пилу.

Загальний вигляд зерносушарки АІ-УСШ та її технологічну схему показано на рис. 2.39 і 2.40. Основною відмінною особливістю конструкції і технології сушіння зерна в ній є наявність теплогенератора для здобуття нагрітого чистого повітря, пристроїв автоматизації та контролю процесу сушіння. Комплексний об'ємний блок повністю монтується на заводі, на місце встановлення постачається у складеному вигляді, де на підготовлений фундамент установлюють об'ємний блок, приєднують кабель – і його монтаж закінчено.

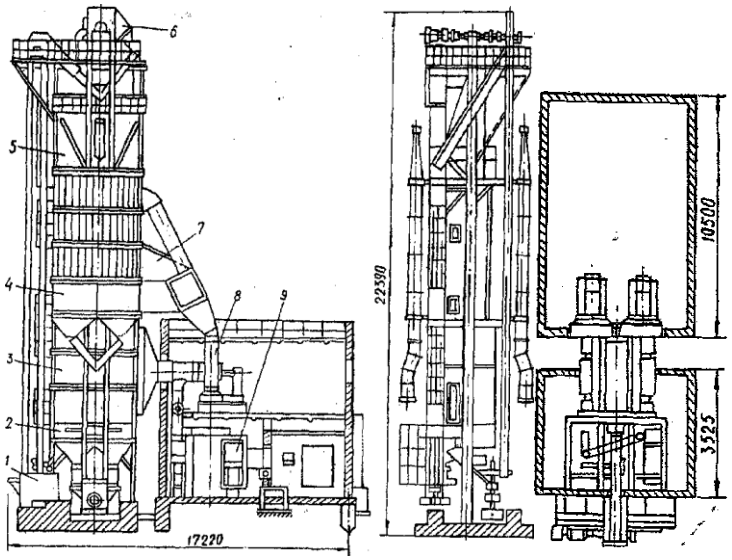


Рис. 2.37. Зерносушарка АІ-ДСП-50

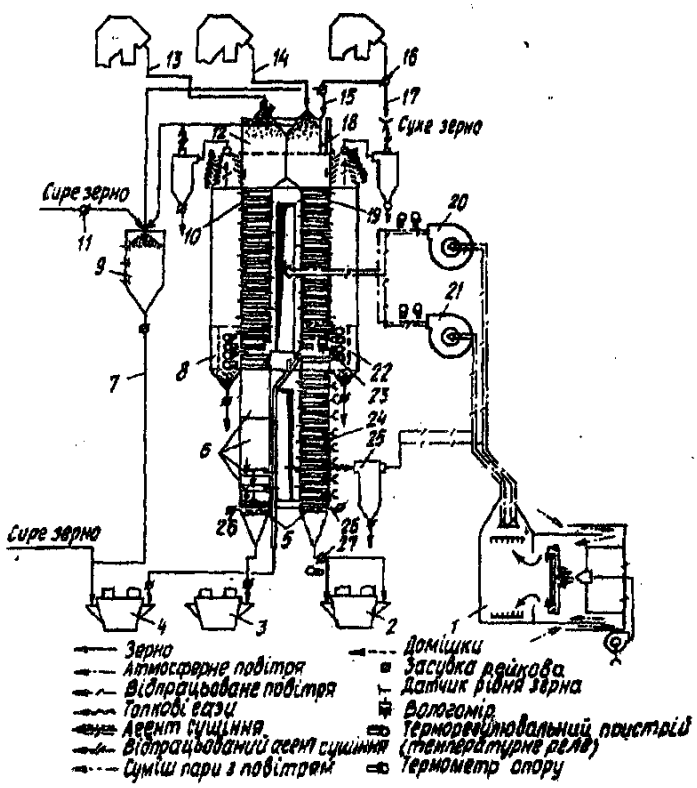


Рис. 2.38. Технологічна схема зерносушарки АІ-ДСП-50

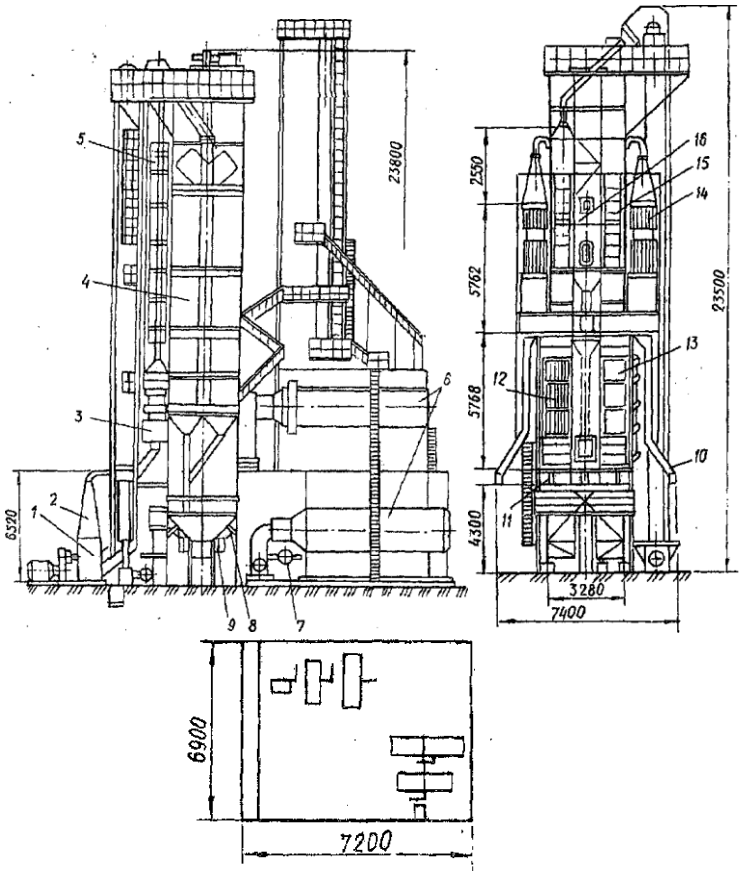


Рис. 2.39. Зерносушарка АІ-УСШ

1, 7 – вентилятори; *2* – інерційний пиловіддільник; *3, 10* – норії; *4* – дифузори; *5* – драбина; *6* – пилогенератор; *8, 11* – випускні механізми; *9* – підсушильний бункер; *12* – охолоджувальна зона; *13* – тепловогообмінник; *14* – система очищення відпрацьованого агента сушіння; *15* – сушильна шахта; *16* – напірно-розподільна камера

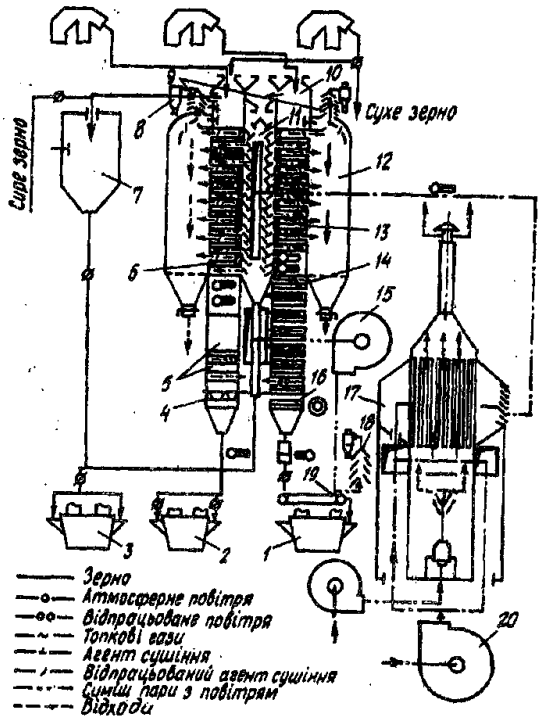


Рис. 2.40. Технологічна схема зерносушарки АІ-УСШ

1...3 – норії; *4* – без привідний випускний механізм; *5* – тепловологообмінник; *6* – перша сушильна шахта; *7* – оперативний бункер; *8* – мультициклон; *9* – інерційний пиловіддільник; *10* – надсущильний бункер; *11* – напірно-розподільна камера з підігрівником; *12* – осадна камера; *13* – друга сушильна шахта; *14* – охолоджувальна шахта; *15, 20*– вентилятори; *16* – випускний механізм із приводом; *17* – теплогенератор; *18* – інерційник; *19* – конвеєр

Електричний об’ємний блок комплектується щитами: розподільним з релейним пристроєм для живлення електродвигунів зерносушарки; з ключами керування технологічною схемою, приладами контролю температури та вологості, приладами аварійної сигналізації, керування пальниками, що спалюють природний газ або рідке паливо (дизельне чи гас); щитами для опалення, освітлення, вентиляції та електропостачання під час ремонтних робіт тощо.

Спостерігає за роботою зерносушарки одна особа. Процесом сушіння зерна керують автоматичні регулятори.

Парові зерносушарки

Шахтна зерносушарка ВС-10-49. Вертикальна парова сушарка ВС-10-49 призначена для сушіння та підсмажування круп'яних культур і готової крупи. Сушарка неперервної дії з паротрубною системою підігрівання має вигляд складеної конструкції шахтного типу з прямокутним поперечним перерізом і містить комплект теплових секцій, основу з випускним пристроєм та шнеком для виведення продукту, завантажувальний короб і металеві щити, що знімаються та виконують функції охолодження і кожуха. До комплекту можуть входити 8, 10, 12 або 14 теплових секцій.

Теплові секції виготовлено із двох поперечних чавунних боковин, в які вставлено по дев’ять труб діаметром 2″ та 1″. Одна з боковин має два канали: один – для подачі свіжої пари, а інший – для виведення відпрацьованої. Труби розміщені попарно, одна в одній у шаховому порядку. Труби діаметром 1″ з одного кінця відкриті. Труби діаметром 2″ одним кінцем з’єднані з каналом відведення пари, інші їх кінці заглушено. Для запобігання пригорянню зерна до кожної зовнішньої труби, зверху приварено відбивний козирок з листової сталі, зігнутий у вигляді кута, який спрямовано вершиною назустріч руху зерна. Канал подачі свіжої пари верхньої секції з’єднується з паровою магістраллю, а канал відведення пари нижньої секції – з конденсатовідвідною магістраллю. Секції, попарно з’єднані між собою рамами, по боках мають огородження у вигляді жалюзі для запобігання засміченню зерна та забезпечення вільного проходження повітря у сушарку.

Основа зерносушарки складається з двох поперечних чавунних боковин, скріплених між собою поздовжніми зв’язками та складеним коритом, усередині якого встановлено шнек для виведення продукту. Над шнеком розташовано випускний пристрій, що складається з поздовжнього лотка, регулювальної засувки з важелем і валика з лопатями.

Зовні теплові секції закрито металевими щитами, які можуть зніматися та мають люки з засувками для всмоктування в сушарку

повітря; у завантажувальному коробі з протилежного боку є отвори для приєднання вентилятора.

Працює сушарка так. Продукт через завантажувальний короб надходить у теплові секції і під дією власної маси повільнорухається вниз, обтікаючи гарячі труби та нагріваючись. Під час руху по теплових секціях шар продукту пронизується у поперечному напрямку повітряним потоком, який виносить вологу, що виділяється. Висушений продукт подається на лоток випускного пристрою і лопатями валика скидається у шнек, який виводить його із сушарки. Тривалість перебування продукту в ній регулюється засувкою.

Для пуску зерносушарки її треба повністю завантажити продуктом, подати пару, ввімкнути вентилятор і випускний механізм. Продукт, завантажений у сушарку на початку її роботи, виходить недостатньо просушеним, тому його необхідно пропустиш через сушарку ще раз. Тиск пари, а значить її температуру, регулюють редукційним вентилем, установленим безпосередньо перед впуском пари у сушарку.

Шахтна зерносушарка АІ-БС2-П. Ця парова сушарка призначена для сушіння зерна круп’яних культур, які пройшли гідротермічну обробку. Вона складається із зерноприймача, 10 нагрівальних секцій та однієї розвантажувальної з приводом, причому остання служить основою, на якій монтують усі нагрівальні секції. Сушарку встановлюють на рамі, що має дві чавунні опори, з’єднані між собою стяжками, на яких кріплять бункери розвантажувальної секції. На цій же самій рамі монтують ланцюговий конвеєр, що складається з двох ланцюгів, з’єднаних між собою скребачками з кроком 76 мм. Конвеєр пускають у хід за допомогою електродвигуна через редуктор.

Під бункерами знаходиться решітка, утворена пластинами, закріпленими на рамі, на яку падає зерно з бункерів. Між випускними краями бункерів і верхнім краєм скребачок має бути зазор 2 мм. Це досягається за допомогою пластин, закріплених на бункерах. Швидкість руху конвеєра регулюється за допомогою клинопасового варіатора. Зміна швидкості конвеєра зумовлює зміну продуктивності зерносушарки. Верхні та нижні гілки ланцюгів конвеєра рухаються по напрямних. Дном скребкового конвеєра є три зварні піддони, які можуть висуватися з торця сушарки.

Таблиця 2.19

Технічна характеристика зерносушарки ВС-10-49

Показник	Кількість теплових секцій, ют.			
	8	10	12	14
Площа нагрівання, $м^2$	36	45	54	63
Продуктивність при сушінні, т/год:				
вівса, гречки	0,5-0,65	0,6...0,8	0,7.. .0,95	0,85—1,1
гороху	1...1,3	1,3...1,6	1,4-1,9	1,7-2,2
Витрата пари, кг/іод	180	225	270	300
Витрата повітря, $м^3$/хв	60	70	85	100
Споживана потужність, кВт	0,5	0,5	0,7	0,7
Габаритні розміри, мм:				
довжина	3343	3343	3343	3343
ширина	760	760	760	760
висота	5620	6820	8020	9220
Маса, кг	5000	6000	7000	8000

Примітка: 1. Тиск пари становить $4 \cdot 10^5$ Па. 2. Частота обертання, $хв^{-1}$: приводного шківа – 100, шнека – 72, валика випускного механізму – 18.

Кожна нагрівальна секція зерносушарки складається з колектора, закріпленого на двох чавунних опорах. Колектор має вигляд зварної коробки, що утворює парову та конденсаційну камери, в які вварено горизонтально розташовані в шаховому порядку циліндричні й овальні нагрівальні труби. Циліндричні безшовні труби зв'язано з паровою камерою, овальні – з конденсаційною. У кожній нагрівальній секції з одного боку є дверцята з жалюзі для підсмоктування повітря, а з іншого – повітрозабірник для відсмоктування зволоженого повітря. Всі секції мають дверцята для огляду, очищення та ремонту деталей, що знаходяться всередині сушарки.

З обох боків усередині нагрівальних секцій розташовано похилі площини – скати, які запобігають висипанню зерна із сушарки і

водночас утворюють канали для циркуляції повітря. Колектори нагрівальних секцій зв'язані між собою патрубками-каналами, що подають пару та конденсат із верхніх секцій у нижні. Тиск пари у трубах та його температуру регулюють за допомогою редукційного клапана з манометром. Його встановлюють безпосередньо перед впуском пари у сушарку. Відвідний канал з'єднано з конденсаційним горщиком.

Зерно проходить через два патрубки в зерноприймальник, у якому є площини, шо розподіляють зерно по всій довжині сушарки. Із приймальника зерно надходить до нагрівальних секцій, де, пройшовши між рядами овальних труб, що нагріваються сухою насиченою парою, воно прогрівається та випаровує вологу. Випарена волога забирається повітрям, яке рухається через сушарку і за допомогою якого вирівнюється температура нагрівання окремих шарів зерна. Із нагрівальних секцій зерно подається в бункери нижньої розвантажувальної секції, звідки самопливом виходить на майданчики, з яких знімається скребачками ланцюгового конвеєра, а нижньою його гілкою транспортується до вихідного отвору сушарки.

Завантаження сушарки відбувається так. Зерно надходить до сушарки при зупиненому нижньому конвеєрі. Коли воно дійде до приймального бункера, пускають в сушарку пару і водночас вмикають вентилятор і ланцюговий конвеєр, який виводить зерно із сушарки. Після цього варіатором регулюють швидкість вивантаження зерна, тобто встановлюють необхідний режим сушіння.

Пуск і призупинення конвеєра відбувається після натиснення на кнопки «Пуск» та «Стоп» на пульті керування, встановленому на чавунній опорі біля електродвигуна. Під час роботи зерносушарки треба стежити за показами манометра, встановленого на підвідному паропроводі, а також періодично перевіряти натяг варіаторного паса.

Таблиця 2.20

Технічна характеристика зерносушарки АІ-БС2-П

Продуктивність на сирому зерні об'ємною масою 570 г/л при зниженні вологості пропареного вівса на 7…9 %, т/год	2,3…2,5
Агент сушіння	Пара суха, насичена

Витрата пари, кг/год	600
Тиск пари, кПа	350
Витрата повітря, $м^3$/год	600
Швидкість ланцюгового конвеєра, м/с	0,0288…0,0 445
Електродвигун привода конвеєра: тип потужність, кВт частота обертання, $хв^{-1}$	 АИР-100-S4 3 930
Редуктор: тип передаточне число	 А-80А 50
Габаритні розміри, мм довжина ширина висота	 3950 800 8140
Маса, кг	6000

Барабанні зерносушарки та їх загальна характеристика

Барабанні зерносушарки широко використовують для сушіння зерна злакових культур, насіння соняшнику тощо. У системі хлібопродуктів і сільському господарстві застосовуютьсястаціонарні тапересувні барабанні сушарки. До перших належать зерносушарки СЗСБ-8 і СЗСБ-8М, до, других – барабанна сушарка СЗПБ-2,5.

Основним елементом барабанних зерносушарок є горизонтальний або трохи похилий циліндричний барабан, що обертається з частотою 2...6 хв і всередині якого пересувається по довжині та сушиться зерно. Залежно від продукту, що сушиться, всередині барабана встановлюють різного типу насадки або поздовжні лопаті, які сприяють інтенсифікації процесу сушіння.

Основна характеристика барабанних зерносушарок – вологонапруженість об'єму барабана, тобто кількість випареної вологи з 1 $м^3$ його об'єму. Значення вологонапруженості, яке залежить від типу, ступеня заповнення та частоти обертання барабана, теплофізичних властивостей і розмірів зерна, а також від температури, вологості, швидкості агента сушіння всередині барабана, коливається в межах 6…44 $\frac{кг\ вип.вол}{м^3 \cdot год}$. Питома витрата теплоти становить 5230...12 500 кДж/кг вип. вол, а питома витрата електроенергії – 0,1... 0,2 кВт – год/кг вип. вол.

Зерносушарка СЗСБ-8. Ця зерносушарка призначена для сушіння різних зернових і олійних культур будь-якої вологості та засміченості без попереднього їх очищення. Сушарку встановлюють на олійно-жирових підприємствах для сушіння насіння соняшника, на токах сільськогосподарських господарств, іноді на хлібоприймальних підприємствах для сушіння рапсу. На олійно-жирових комбінатах її розміщують у спорудах, на токах сільськогосподарських підприємств та біля складів під наметом на хлібоприймальних підприємствах.

Зерносушарка СЗСБ-8 складається із топки, завантажувальної камери, сушильного барабана, з вентилятором розвантажувальної камери, охолоджувальної колонки з вентилятором, розвантажувальної та завантажувальної норій, а також приводного механізму.

Топка зерносушарки – металева циліндричної форми, працює на рідкому паливі. Вона має камеру згоряння, паливну систему живлення, вентилятор розпилювання палива, станину димової труби та блокувальний пристрій.

Завантажувальна камера, що встановлюється поруч з переднім торцем сушильного барабана, служить для подачі агента сушіння і сирого зерна в барабан сушарки. На верхній стінці камери є патрубок, що з'єднує камеру з трубопроводом подачі агента сушіння. Дно камери конусне, закінчується клапаном-мигалкою, через який надлишок сирого зерна можна вивести із камери.

В отворі передньої стінки камери встановлено термометр для вимірювання температури агента сушіння. До задньої стінки камери приварено фланець з кутика, до якого кріпиться ущільнення сушильного барабана. На передній та бічній стінках камери зроблено люки з кришками, які можуть зніматися.

Сушильний барабан – шестисекційний з підйомно-лопатевою системою. Знімна хрестовина складається з чотирьох частин. У передній, конусній, частині барабана знаходяться шість гвинтових доріжок, що підводять зерно до секторів. Гвинтові доріжки в кінці барабана призначені для його відведення. Закінчується барабан конусним патрубком, до зовнішнього фланця якого приєднано кільце з шістьма люками, що знімається і має два бандажі, якими спирається на металеві ролики, що приводять у рух барабан.

Розвантажувальна камера служить для відведення відпрацьованого агента сушіння та випуску просушеного зерна. Його виведення з камери відбувається неперервно за допомогою шлюзового затвору, встановленого в кінці конусного днища камери. Привід шлюзового затвора здійснюється від електродвигуна через редуктор. Відпрацьований агент сушіння виводиться вентилятором, розміщеним над камерою.

Вертикальну охолоджувальну колонку виконано із двох циліндрів, основну частину яких (нижню) перфоровано, а верхню зроблено із суцільного листа. Кільцевий простір між циліндрами служить ємністю для зерна, в якій відбувається його охолодження завдяки просмоктуванню повітря крізь шар зерна. Подача повітря для охолодження здійснюється через отвори зовнішнього циліндра.

До верхньої частини внутрішнього циліндра колонки приєднано всмоктувальний патрубок вентилятора, що відводить відпрацьоване повітря. Дно колонки (конусне) закінчується шлюзовим затвором з приводом від електродвигуна. Працює він періодично: вмикання затвора здійснюється датчиком верхнього рівня зерна, коли воно досягне цього рівня, а вимикання – датчиком нижнього рівня, який розташовано у верхній частині охолоджувальної колонки. Останню встановлюють на станині, в яку вмонтовано бункер для накопичення зерна.

Вентилятор Ц4-70 №7 сушильного барабана має колесо з 12 плоскими лопатями. Вхідний патрубок виконано у вигляді колектора плавної форми. Колесо вентилятора обертається в горизонтальній площині, приводиться в рух від фланцевого електродвигуна вертикального виконанню. Вихлопний патрубок вентилятора має дросель для регулювання загальної витрати агента сушіння.

Вентилятор Ц4-70 №6 охолоджувальної колонки за своєю конструкцією аналогічний вентилятору сушильного барабана. У його вихлопному патрубку є дросель для регулювання загальної витрати повітря для охолодження зерна.

Приводний механізм сушильного барабана складається з електродвигуна потужністю 7,5 кВт і частотою обертання 1440 $хв^{-1}$, двоступінчастого редуктора РМ-350 та приводних роликів, які передають рух безпосередньо бандажам сушильного барабана.

Керують усіма елементами зерносушарки дистанційно, для чого всю апаратуру пуску, захисту та керування зосереджують на тарувальній станції.

Технологічну схему зерносушарки СЗСБ-8 показано на рис. 2.41. Зерно з норії *2* через завантажувальну камеру *3* надходить у сушильний барабан *4*, де його лопаті та хрестовини підхоплюють зерно і підіймають його вгору, після чого воно зсипається вниз і далі перемішується вздовж барабана.

Агент сушіння, проходячи крізь барабан, обмиває та висушує зерно, що зсипається з полиць. Зерносушарка працює під розрідженням для запобігання втрати агента сушіння крізь нещільності. Зчленування обертового барабана з завантажувальною *3* та розвантажувальною *5* камерами здійснюється через лабіринтові ущільнення.

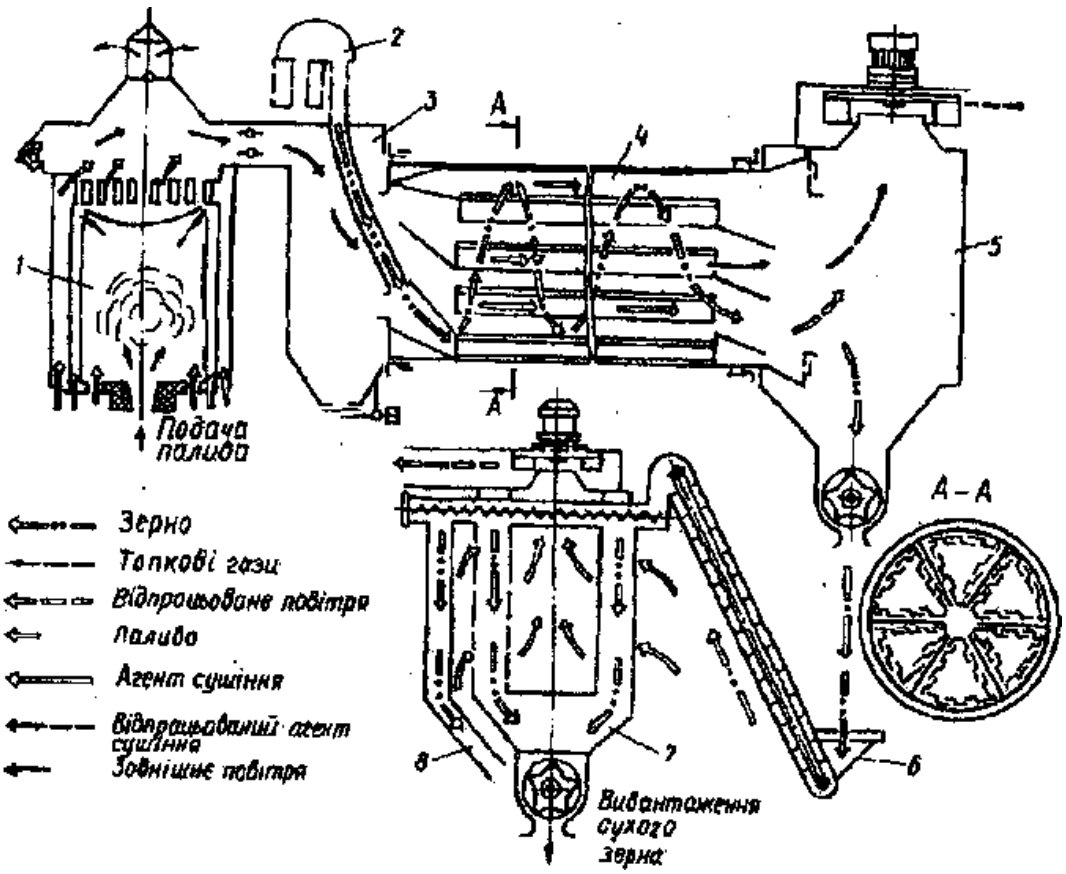


Рис. 2.41. Технологічна схема зерносушарки СЗСБ-8

Підпирання зерна на виході із сушильного барабана, створене колодязем з люками, служить для забезпечення потрібного заповнення барабана. Люки відкривають тільки після закінчення сушіння партії зерна, щоб повністю вивільнити барабан. Його заповнення сирим зерном має бути максимальним, що відповідає приблизно 20...25 % місткості барабана. При недостатньому його заповненні знижується продуктивність сушарки і зерно в сушильному барабані починає перегріватися.

Відпрацьований агент сушіння виводиться вентилятором, розміщеним під розвантажувальною камерою сушарки. Висушене зерно неперерно через шлюзовий затвор виводиться з розвантажувальної камери норією *6* в охолоджувальну колонку *7*. Тут воно переміщується зверху вниз, одночасно продувається атмосферним повітрям та охолоджується. Повітря для охолодження надходить зовні по всій висоті перфорованої частини колонки, проходить крізь шар зерна у внутрішній циліндр і викидається вентилятором в атмосферу.

Рух зерна у колонці порційно-періодичний. При досягненні верхнього рівня воно давить на мембрану датчика верхнього рівня, який вмикає електродвигун шлюзового затвора, що випускає охолоджене зерно. У той момент, коли рівень зерна знижується до датчика мінімального рівня, електродвигун вимикається і вивантаження зерна припиняється. Його рівень починає підвищуватися і цикл повторюється.

Решта позиційних позначень на рис. 2.41 розшифровуються так: *1* – топка; *8* – труба контрольної висипки зерна.

Пересувна зерносушарка СЗПБ-2,5. Ця зерносушарка є поєднанням двох барабанів – сушильного та охолоджувального. Сушильний барабан має діаметр 1000 мм, довжину 5000 мм і спирається на чотири пари роликів, з яких дві пари, покриті гумою, служать для надання барабану обертання з частотою 10 $хв^{-1}$. Усередині він поділений на шість секторів (секцій) з лопатями та полицями для кращого переміщування і розподілу зерна по поперечному перерізу барабана.

З переднього та заднього торцевих боків барабана знаходяться дві камери: в одну з них (підвідну) подається агент сушіння, а інша

(відвідна) служить для відведення відпрацьованого агента. В їх стінках є лабіринти ущільнення для запобігання видуванню газів назовні під час обертання барабана.

Охолоджувальний барабан має діаметр 550 мм, довжину 2300 мм і обертається з частотою 27 хв$^{-1}$. На його поверхні з боку надходження зерна із сушильного барабана розташовано вісім ковшів, з яких воно зсипається всередину барабана, що має по колу вигнуті лопаті для підняття зерна.

Сире зерно подається в сушильний барабан із приймального пристрою або з насипу шнековим конвеєром завдяки самопливу, а з нього воно спрямовується на шість гвинтоподібних доріжок, які підводять зерно до секторів барабана. Рухаючись уздовж нього, зерно в кінці потрапляє на гвинтоподібні доріжки для відведення його через шнек в охолоджувальний барабан. Охолоджене зерно зсипається через шлюзовий затвор на шнековий похилий пересувний конвеєр.

Для змішування топкових газів з повітрям у зерносушарці є змішувальна коробка. Шнеки, що подають сире та забирають сухе зерно, приводяться в рух від окремих електродвигунів. Під час експлуатації сушарки зерно високої вологості може запресуватися у верхній частині похилого шнека, тому для очищення від такого зерна головку шнека роблять розбірною.

Система керування забезпечує автоматичний пуск електродвигунів у заданій технологічній послідовності, автоматичне розпалювання топки, контроль і підтримання заданої температури агента сушіння, контроль за роботою електродвигунів і форсунки. Паливом служать тракторний гас, його суміш з моторним пальним або пічне побутове паливо.

Таблиця 2.21

Технічна характеристика зерносушарки СЗПБ-2,5

Продуктивність на сирому зерні пшениці приниженні його вологості від 20,0 до 14,0, т/год	2,5
Витрата умовного палива, кг/год	12
Установлена потужність електродвигунів, кВт	10

Кількість електродвигунів, шт	5
Витрата електроенергії, кВт·год/пл.т	3,24
Розміри сушильного барабана, мм:	
довжина	5000
діаметр	1000
Транспортна швидкысть, км/год	≤ 15
Габаритні розміри, мм	8470×7600×2650
Маса, кг	4000

Камерні сушарки та їх загальна характеристика

Для сушіння качанів кукурудзи використовують камерні сушарки коридорного та секційного типів. Сортове насіння кукурудзи у качанах сушать в камерних сушарках у щільному нерухомому шарі, який неперервно або періодично продувають сумішшю топкових газів з повітрям (агент сушіння). Між собою сушарки коридорного та секційного типів відрізняються конструкцією і розташуванням сушильних шахт, розподільних коридорів, вентиляційного устаткування, топок та схемою руху агента сушіння.

Камерні сушарки коридорного типу можуть складатися з чотирьох, шести, восьми або 12 сушильних камер. Продуктивність їх залежить від кількості камер або завантаження та кількості поданого агента сушіння. Качани кукурудзи завантажують у сушильні камери і сушать в нерухомому шарі, пропускаючи крізь нього агент сушіння по черзі знизу вгору та зверху вниз. Тривалість сушіння кукурудзи у качанах досягає іноді п’яти діб при початковій вологості зерна 42...45 % та кінцевій 13...13,5 %.

Камери сушарок коридорного типу мають різну місткість: від 27,5 до 80 т з розмірами у плані відповідно 3000×6000, 6000×6000 і 5000×10500 мм. Максимальна висота завантаження качанів у всіх камерах становить 3,5…4 м і змінюється залежно від початкової вологості кукурудзи.Топки камерних сушарок коридорного типу винесено за межі сушильних камер і з’єднано з ними верхнім та нижнім коридорами і дифузором.

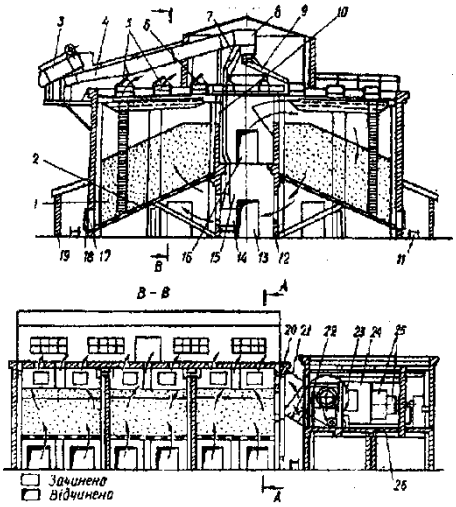
Топки дванадцятикамерних таких сушарок можуть працювати незалежно одна від одної.

Камерні сушарки секційного типу бувають восьми- та двадцятикамерні з місткістю кожної камери 200 т і розмірами у плані 9000×12000 мм при висоті їх заповнення качанами кукурудзи до 4 м. Конструктивно ці сушарки складаються з окремих самостійних секцій з двома сушильними камерами, а між ними розташовуються топка та вентилятор. Камерні сушарки можуть працювати як паралельно, так і послідовно. При паралельній роботі агент сушіння подається н усі камери (або частину їх) знизу вгору чи зверху вниз тільки один раз, по черзі змінюючи свій напрямок. Перевага цієї схеми – висока продуктивність сушарки, недоліки – збільшена питома витрата палива.

При послідовній роботі, наприклад шестикамерних сушарок, агент сушіння подається тільки у три камери, де вже відбувся процес сушіння тривалістю 24...48 год., а потім – у решту камер, завантажених сирими качанами. Отже, в цій схемі агент сушіння проходить двічі крізь камери і на виході має високу відносну вологість та низьку температуру. Однак при цьому зростає аеродинамічний опір мережі, що призводить до зниження подачі вентилятора та продуктивності сушарки. Перевага цієї схеми – добре використання теплоти агента сушіння.

Сушарка коридорного типу СКП-6. Усі сушарки коридорного типу складаються, як правило, із сушильного і топкового приміщень (власне сушарки та топки). Вони мають вигляд окремих цегляних споруд, оснащених вентиляційним, енергетичним (топковим), транспортним та іншим устаткуванням. Сушарка СКП-6 (рис. 2.42) містить шість камер *1* (по три в ряду). Між рядами камер розташовано розподільні коридори – нижній *15* та верхній *16*, які служать для розподілу агента сушіння по камерах.

В А - А



2.42. Сушарка СКП-6

Подача агента сушіння у сушарку здійснюється вентилятором низькоготиску *23* типу ЦВ №18,5, проектна подача якого дорівнює 250 тис. м/год при потужності електродвигуна 75 кВт. Агент сушіння (його одержують змішуванням у топці *24* топкових газів з атмосферним повітрям) з температурою 36...46°С всмоктується крізь жалюзійні решітки *26* – бічні та нижні. Частка топкових газів і повітря в агенті сушіння становить приблизно 1...30 та 1...40.

Агент сушіння між сушильними камерами в нижньому коридорі розподіляється через дверні прорізи, а у верхньому – через люки. Сушарка може працювати як при паралельній, так і при послідовній подачі агента сушіння.

Суть паралельної роботи сушильних камер полягає в тому, що агент сушіння одночасно пропускається через будь-яку кількість їх знизу вгору (рис. 2.43) або зверху вниз (рис. 2.44).

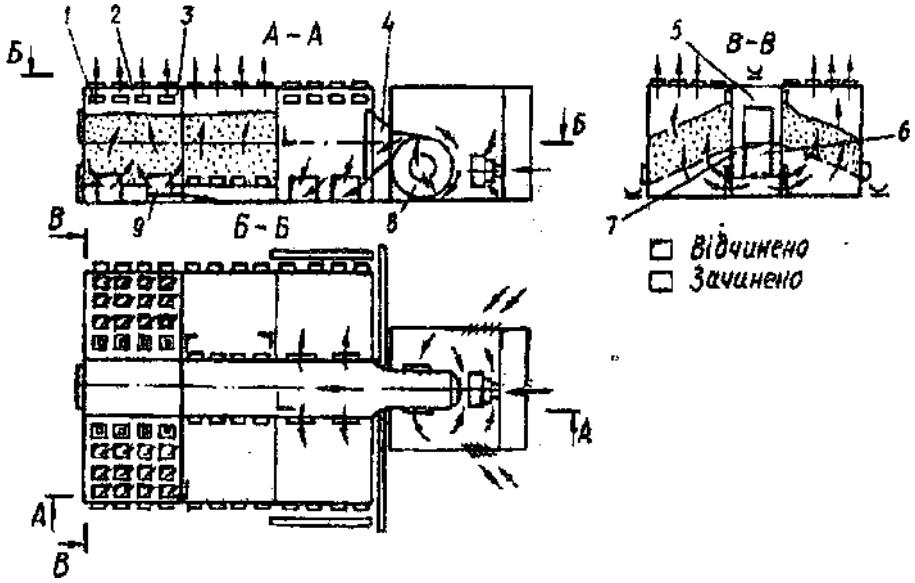


Рис. 2.43. Схема паралельної роботи сушильних камер сушарки СКП-6 при подачі агента сушіння знизу вгору

Агент сушіння подається вентилятором *8* низького тиску у верхній або нижній коридор сушарки залежно від положення клапана *4* (див. рис. 2.43). При встановленні його у верхнє положення агент сушіння надходить у нижній коридор *7*. При цьому двері *6, 9* усіх сушильних камер *2* відчиняють і агент сушіння спрямовується під камери. Пройшовши крізь решітчасте днище та шар качанів кукурудзи, відпрацьований агент сушіння через відкриті люки *3* виходить в атмосферу.

При встановленні клапана *4* у нижнє положення (див. рис. 2.44) агент подається у верхній коридор *5*. При цьому люки і усіх сушильних камер, заповнених качанами кукурудзи, відчиняють і агент сушіння, пройшовши над камерами *2*, пронизує шар качанів зверху вниз. Далі крізь решітчасте днище він проникає під сушильний простір і через двері *6*, *9* виходить унижній коридор *7*, а потім викидається в атмосферу.

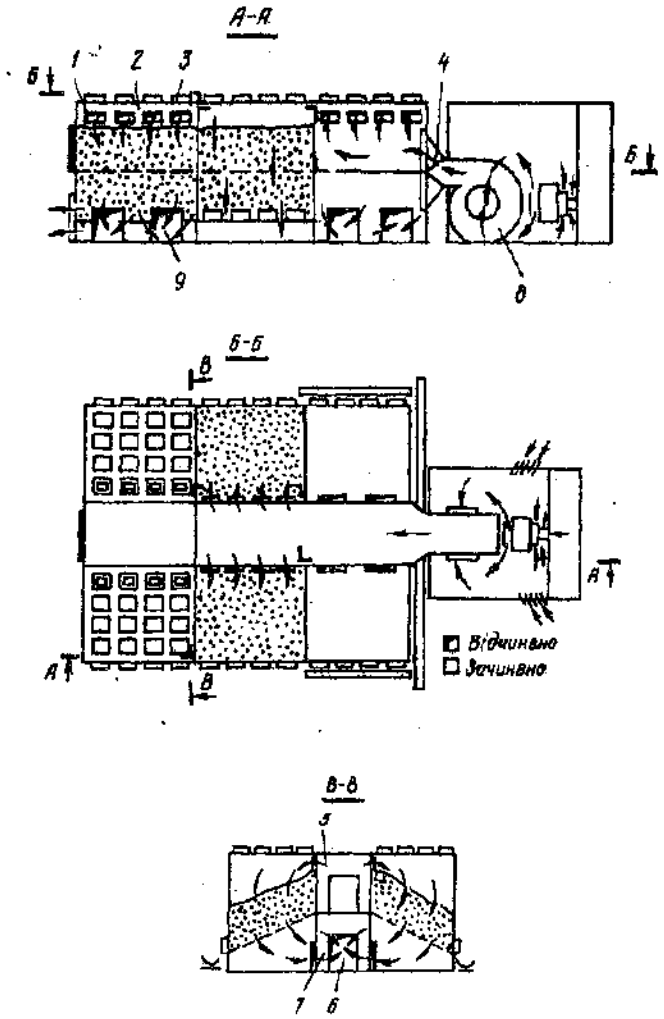


Рис. 2.44. Схема паралельної роботи сушильних камер сушарки СКП-6 при подачі агента сушіння зверху вниз

Подібний спосіб роботи сушильних камер використовують тільки тоді, коли качанами кукурудзи заповнено не менше двох камер. Вивантажують і завантажують качани під час роботи всіх камер лише при закритих нижніх дверях (якщо агент сушіння подається знизу вгору) або при закритих люках (якщо він рухається зверху вниз).

При паралельній роботі сушильних камер досягається максимальна продуктивність зерносушарки. Особливо ефективна така робота камер при наявності на підприємстві двох-трьох сушарок.

Щоб знизити витрату палива, з боку топки встановлюють дверні прорізи. При цьому агент сушіння спочатку подається знизу вгору, а

потім зверху вниз. Відпрацьований агент сушіння з високою температурою та відносно низькоювологістю всмоктується в топку для повторення циклу, що значно знижує витрату палива.

Суть послідовної роботи сушильних камер полягає в тому, що спочатку агент сушіння пропускається через камери з підсушеними та нагрітими качанами кукурудзи, а потім крізь камери, заповнені сирими качанами.

При послідовній роботі сушильних камер (рис. 2.45) агент сушіння рухається так: вентилятор *8* всмоктує його з топки та нагнітає у верхній розподільний коридор *4*, звідки через люки *3* він надходить у верхню частину камери *A*, *C* і *E*, проходить крізь шар качанів зверху вниз і виходить під сушильний простір. Далі через двері вказаних камер він спрямовується в нижній розподільний коридор *6*, звідки через двері камер *B*, *D* та *F*виходить під сушильний простір цих камер і проходить крізь решітчасте днище та шар качанів кукурудзи знизу вгору. Через люки *1* відпрацьований агент сушіння випускається в атмосферу.

При продуванні качанів зверху вниз агент сушіння спочатку подається в камери *B*, *D* і *F*. Потім напрямок його руху змінюється і агент сушіння, що пройшов один раз через камери, спрямовується до камер *A*, *C* та *E* знизу вгору. Для забезпечення такого його руху клапан *5* залишають у нижньому положенні з тим, щоб агент сушіння подавався у верхній розподільний коридор *4*. При цьому всі люки камер *A*, *C* і *E* зачиняють, люки камер *B*, *D* та *F* відчиняють, люки перших трьох із шести сушильних камер відчиняють, а трьох останніх зачиняють.

Послідовне сушіння проводять також при чотирьох або п’яти працюючих сушильних камерах. У цьому разі одну камеру можна розвантажувати, а іншу завантажувати сирими качанами кукурудзи.

Швидкість відпрацьованого агента сушіння на виході з дверей досягає 30 м/с. Для її зниження, а значить зменшення опору мережі, в торцевих сушильних камерах установлюють додаткові дверні прорізи. Цим самим вихідна площина збільшується в три рази і відповідно знижуються швидкість відпрацьованого агента сушіння та опір мережі.

Двері водночас служать і для входу обслуговуючого персоналу в

нижній коридор, а для входу у верхній коридор є двері на другому поверсі в торцевій стінці верхнього коридору з протилежного боку топки.

Днище *2* (див. рис. 2.42) виготовляють із дощок завтовшки 5 см, покладених на ребро на відстані 5 см одна від одної. Зверху дошки оббивають штампованим ситом з отворами Ø5 мм.

Вологі качани кукурудзи завантажують у сушильні камери *1* через люки на верхньому перекритті по лотках *6* за допомогою скребкового *3* та стрічкового *4* конвеєрів. Качани розташовуються в сушильній камері під кутом природного відкосу. Просушені качани кукурудзи із сушильних камер вивантажуються через розвантажувальні люки *17*, подаються на розвантажувальні поздовжні конвеєри *11*, а потім на поперечний конвеєр *27*, який спрямовує їх на обмолот. Після розвантаження сушильних камер в люках і *7* встановлюють закладні дошки та закривають їх кошиками. Розвантажувальні конвеєри захищено від опадів нижніми галереями *19*. Для зниження опору шару качанів повітряному потоку або при завантаженні качанів кукурудзи в сушильні камери треба забирати обрушені качани, для чого між стрічковим і реверсивним конвеєрами встановлюють віддільник самообрушення. Відокремлені качани кукурудзи по самопливній трубі подаються в пересувну сушарку *14*.

Топка сушарки СКП-6 майже не відрізняється від топок шахтних зерносушарок і складається власне із топки *24*, циліндрів *25* і допоміжного устаткування.

Решта позиційних позначень на рис. 2.42 розшифровуються так: *5* – люки для виходу відпрацьованого агента сушіння; *7* – самоплив для самообрушу; *8* – складальна коробка; *9* – завантажувальний самоплив; *10* – люкдля проходження агента сушіння; *12, 13* – двері; *18* – кришка люка; *20* – лебідка; *21* – дифузор.

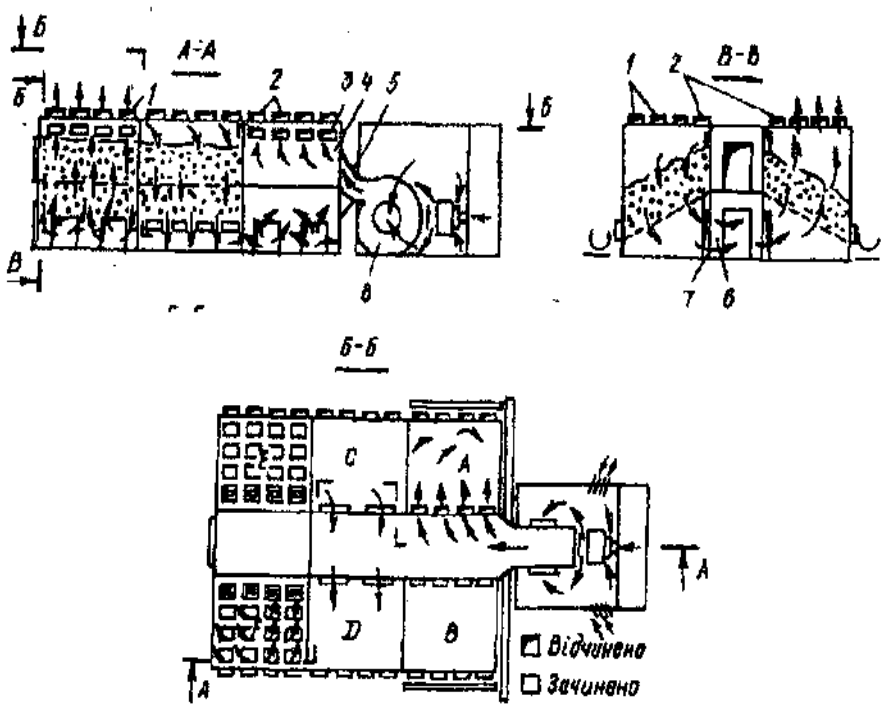


Рис. 2.45. Схема послідовної роботи сушильних камер сушарки СКП-6

Таблиця 2.22

Технічна характеристика сушарки СКП-6

Продуктивність, т/сезон	1500
Питома витрата умовного палива, кг %/т	3,3
Питома витрата електроенергії, кВт %/т	1,5
Місткість, м3 : камери сушарки	 100 600
Габаритні розміри, м: довжина ширина висота	 23 16 10
Маса металоконструкція сушарки, кг	40

Сушарка секційного типу

Це окрема споруда з цегли та залізобетонних перекриттів, в якій розміщено сушильні камери, топки, конвеєри та інше устаткування. Сушильні камери і топки знаходяться на одній будівлі. Габаритні розміри сушарки, м: довжина – 39, ширина – 31, висота – 11.

У середній частині споруди (в її нижній прохідній галереї) між сушильними камерами *22* (рис.2.46) розташовано розвантажувальний стрічковий конвеєр *4* для забирання просушених качанів кукурудзи. На першому поверсі над прохідною галереєю *15* розміщено чотири нижні розподільні камери *16* для розподілу агента сушіння між сушильними камерами, які розділені між собою глухими перегородками. В них передбачено двері, що щільно зачиняються. Такі самі двері *6* (вхідні) є в торцевих стінках споруди. Над верхніми розподільними камерами *13* (на другому поверсі) в середній частині споруди встановлено вентилятори *21*, топки *24* з форсунками *23* та іншим устаткуванням. Для зручності експлуатації, а також обслуговування між топковентиляційним устаткуванням і сушильними камерами передбачено внутрішній прохідний коридор *25*. Верхні розподільні камери призначені для розподілу та подачі агента сушіння зверху в сушильні камери. Для проходу обслуговуючого персоналу у стіні верхньої розподільної камери *13* зроблено двері *7*, що ведуть з невеликого тамбура *9*. В нього можна потрапити з верхнього перекриття сушарки через верхній люк *11* або через нижній люк *12* із внутрішнього коридору. На люках є кришки, які відкидаються вгору.

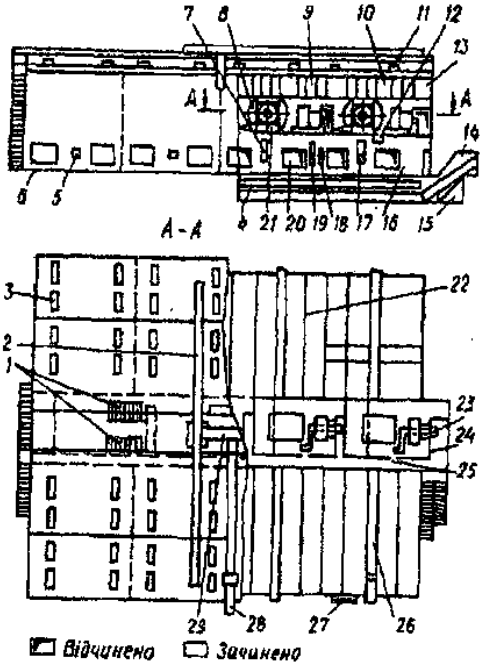


Рис. 2.46. Сушарка секційного типу

За вихлопним патрубком вентилятора розміщено перекидний клапан *8*, лебідка керування яким знаходиться у верхній розподільній камері. При крайньому верхньому положенні цього клапана агент сушіння подається з вентилятора у відповідну нижню розподільну камеру, а при крайньому нижньому – у верхню.

По обох боках від розподільних камер розташовано сушильні камери. Їх завантажують качанами за допомогою стрічкових конвеєрів *4*. Похилим скребковим конвеєром *14* качани за допомогою проміжного верхнього конвеєра *28* подаються на поздовжній пересувний конвеєр *29*, далі вони спрямовуються на поперечний пересувний конвеєр *2* і через завантажувальні люки *3* надходять у сушильні камери *22*. Днища сушильних камер секційних сушарок мають вигляд каркаса з дошок, укладених на ребро й оббитих зверху стальним штампованим ситом з отворами Ø 5мм. Днища двоскатні, кут розкриття їх дорівнює 130˚. Під кожною сушильною камерою перпендикулярно до поздовжньої осі сушарки розташовано поперечний конвеєр *26.* Зверху він прикритий короткими поперечними закладними дошками. Цей конвеєр призначений для вивантаження просушених качанів із сушильної камери. Траншея

його під час сушіння качанів у камері зачиняється з обох боків герметичними дверима – внутрішніми *17* і зовнішніми *27*.

Для забезпечення руху агента сушіння крізь шар качанів у певних напрямку і послідовності у сушильних камерах *22* передбачено зовнішні верхні завантажувальні люки *11*, внутрішні люки *10*, внутрішні нижні двері *17* та зовнішні двері *27*. Кожна секція сушарки працює самостійно. Сушіння качанів кукурудзи можна вести в одній камері або одночасно у двох, причому як з паралельним рухом агента сушіння через обидві камери, так і з послідовним через одну камеру в одному напрямку, а на виході з першої – через другу в протилежному.

При послідовній роботі сушильних камер агент сушіння проходить спочатку через камеру *А* зверху вниз, а потім через камеру *В* знизу вгору (рис.2.47, *а*). При цьому перекидний клапан *2* вентилятора встановлюють у крайнє нижнє положення, а внутрішні верхні *6* і нижні *1* двері камери *А*, внутрішні нижні двері *1* та завантажувальні люки *5* камери *В* відчиняють. Зовнішні нижні двері *3* обох камер і завантажувальні люки *5* камери *А* зачиняють.

Можна подавати агент сушіння через камеру *А* спочатку знизу вгору (рис. 2.47, *б)*. Для цього перекидний клапан *2* вентилятора переводять у крайнє верхнє положення, відчиняють двері: внутрішні нижні *1* у камері *А*, зовнішні нижні *3* в камері *В* та внутрішні верхні *6* в обох камерах. Решту дверей і люки зачиняють. Агент сушіння при такій його подачі з вентилятора спрямовується в нижню розподільну камеру *8* і проходить крізь шар качанів у камері знизу вгору. Потім через верхню розподільну камеру *7* та внутрішні верхні двері *6* він надходить у камеру *В*, проходить крізь шар качанів згори донизу і виходить в атмосферу через зовнішні нижні двері *3*.

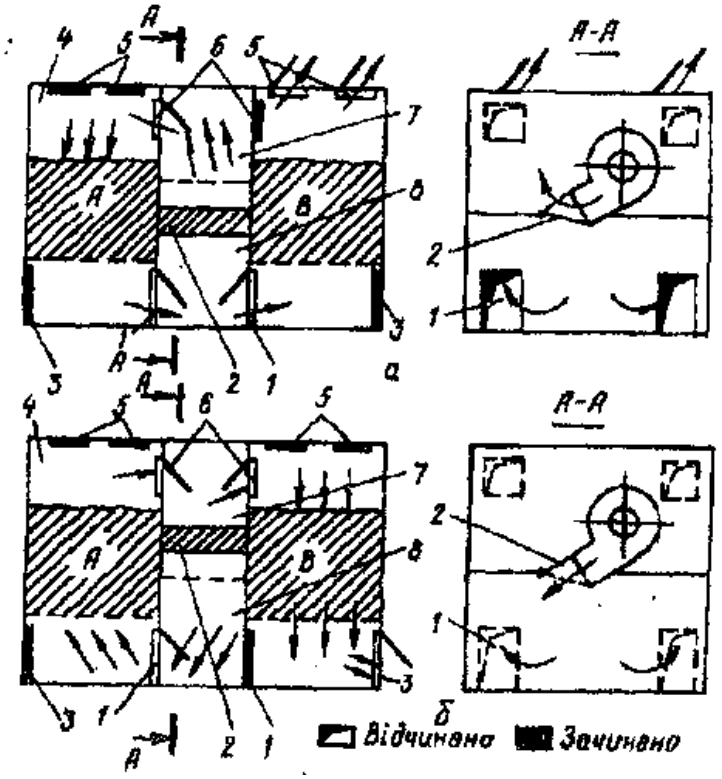


Рис. 2.47. Схеми руху агента сушіння при послідовній роботі сушильних камер сушарки секційного типу

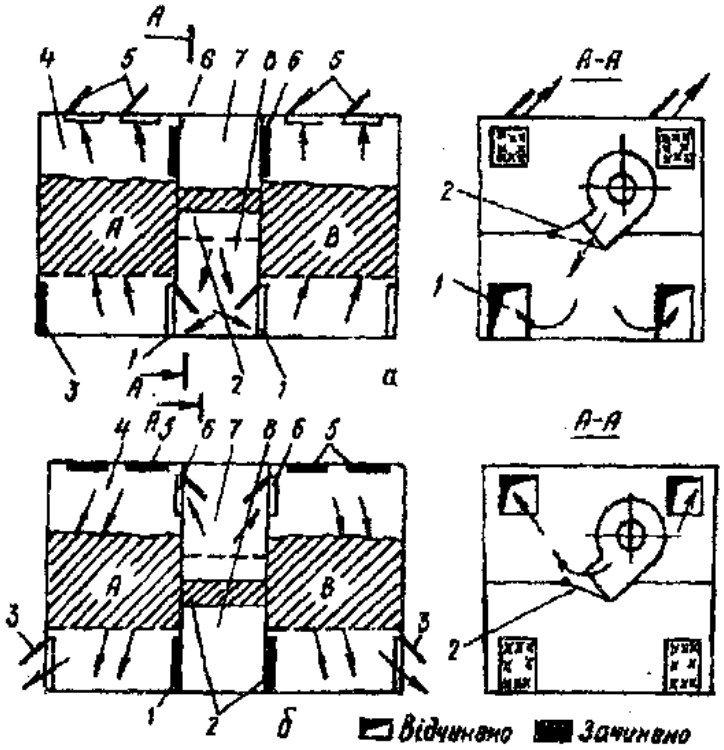


Рис. 2.48. Схеми руху агента сушіння при паралельній роботі сушильних камер сушарки секційного типу

При паралельній роботі сушильних камер *А* та *В*, для того щоб спрямувати агент сушіння знизу вгору (рис. 2.48, *а*), відчиняють внутрішні нижні двері *1* і завантажувальні люки *5*, а перекидний клапан *2* вентилятора встановлюють у крайнє верхнє положення. Агент сушіння подається вентилятором у нижню розподільну камеру *8*. Він пронизує шар качанів і виходить в атмосферу через завантажувальні люки *5*.

Для подачі агента сушіння зверху вниз (рис. 2.48, *б*) перекидний клапан *2* вентилятора переводять у крайнє нижнє положення, завантажувальні люки *5* зачиняють, а внутрішні верхні *6* і зовнішні нижні *3* двері відчиняють. Агент сушіння подається вентилятором у верхню розподільну камеру *7*. Через внутрішні верхні двері *6* він входить у надсушильні камери *4* та, пройшовши крізь шар качанів, виходить в атмосферу через зовнішні нижні двері *3*.

Просушені качани кукурудзи із сушильних шахт вивантажуються поперечним конвеєром *26* (див. рис. 2.46), з якого похилими

металевими лотками вони спрямовуються на повздовжній (розвантажувальний) стрічковий *4* та похилий скребковий конвеєри, а далі надходять у цех обмолоту. Закладні дошки при звільненні сушильних камер від качанів кукурудзи виймають. У сушильну камеру *22* з боку нижньої розподільної камери *16* входять через внутрішні нижні двері *17*.

Атмосферне повітря для змішування з топковими газами всмоктується крізь жалюзійні ліхтарі і, розташовані на верхньому перекритті сушарки. Бічні стінки ліхтарів виготовлено; зі рідко сплетеної стальної сітки. Топку сушарки обладнано так само, як і топки сушарок коридорного типу. Решта позиційних позначень на рис. 2.46 розшифровуються так: *5* – надвірні двері; *18* – двері; *19* – перегородка; *20* – внутрішні нижні ворота.

Бункери, що вентилюються

Для сушіння невеликих партій продовольчого зерна та насіння олійних культур використовують періодичної дії бункери, що вентилюються, основним призначенням яких все ж залишається сушіння обрушеного зерна кукурудзи.

За своєю якістю це зерно мало чим відрізняється від сортової кукурудзи в качанах, але має велику цінність як посівний матеріал. Процес спільного сушіння обрушеного зерна з качанами кукурудзи в камерній сушарці проходить дуже нерівномірно через різницю шпаруватостей качанів та їхньої суміші з обрушеним зерном. Тому, щоб забезпечити рівномірне сушіння кукурудзи в качанах, обрушене зерно відбирають і сушать окремо.

Внаслідок нерівномірності сушіння та нагрівання обрушеного зерна кукурудзи в шахтних зерносушарках частина зерна, що перегрівається, втрачає свої насінні властивості. Використання окремих камер для сушіння цього зерна в камерних сушарках призводить до зниження їх продуктивності, оскільки сушильна камера завантажується лише на 1/6 її місткості. Через це найчастіше користуються бункерами БВ-25 і К-878 активного вентилювання періодичної дії.

Продуктивність бункера БВ-25 при підігріванні зовнішнього повітря на 6°С та зниженні вологості зерна на 6 % становить 0,25 т/год. Повітря, що подається у бункер, підігрівається в

тепловентиляційному агрегаті ВПТ-400 або ВПТ-600. Іноді для цього використовують топки пересувнихзерносушарок ЗСПЖ-8, а на окремих хлібоприймальних підприємствах бункери приєднують до топки камерної сушарки.

Бункер БВ-25 (рис. 2.49) установлюють на станині, що складається з кільцевої рами *1* і чотирьох стояків *10*. На них монтують циліндр *2* діаметром 3080 мм з перфорованими стінками та конусоподібним днищем *11*. Усередині циліндра по центру розміщено повітророзподільну трубу *7* – діаметром 750 мм, на верхньому кінці якої є пристрій *6* для рівномірного завантаження зерна. Бункер вміщує близько 27 т зерна кукурудзи.

У верхній частині на стінці бункера встановлено датчик *4* рівня зерна, який сигналізує про завантаження бункера. Засипають у бункер тільки попередньо очищене зерно. При вологості до 22 % бункер заповнюють до краю, при більш високій вологості заповнювати його повністю не можна. Під час сушіння зерна з вологістю понад 22 % один-два рази на добу його пересипають знизу вгору або в інший бункер для більш рівномірного сушіння.

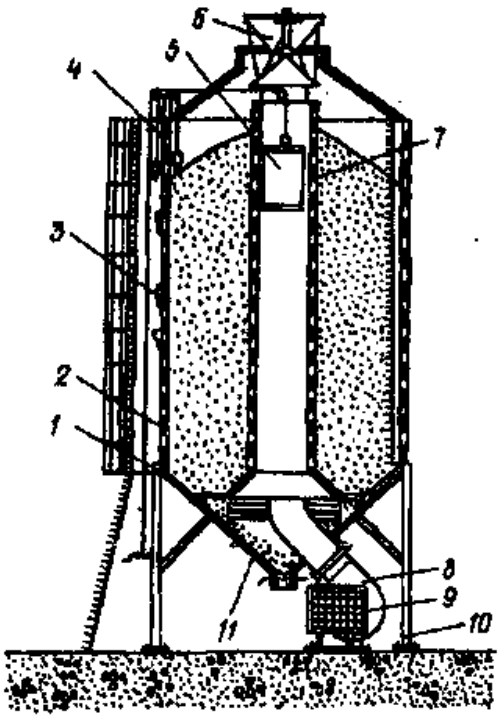


Рис. 2.49. Бункер БВ-25

Бункер БВ-25 працює так. Повітря знизу нагнітається вентилятором *8* у розподільну трубу *7* [питома витрата становить 420 м/(т·год)]. Повітря підігрівають на 5...6 °С електрокалорифером *9* потужністю 24 кВт. Усередині повітророзподільної труби є рухомий клапан *5*, який можна встановлювати на будь-якій висоті. Під час сушіння рівень зерна в бункері знижується, томуперіодично (через 3...4 год) цей клапан опускають, що запобігає витіканню повітря з верхньої частини бункера, не заповненого зерном.

Процес сушіння зерна контролюють автоматично щодо відносної вологості відпрацьованого повітря. Регулятор вологості *3* монтують на зовнішній стінці бункера. Настроюють його так, щоб він спрацьовував тоді, коли відносна вологість відпрацьованого повітря стає нижче ніж 70 %. При цьому автоматично вимикається вентилятор. Два інших регулятори встановлюють у спеціальному кожусі на зовнішній стінці споруди, в якій змонтовано бункер. Вони автоматично вмикають або вимикають вентилятор. Після зниження вологості до 15% зерно кукурудзи охолоджують за допомогою цього самого вентилятора зовнішнім повітрям і вивантажують із бункера.

На деяких хлібоприймальних підприємствах з використанням бункерів БВ-25 або К-878 споруджують комплекси для приймання, очищення та сушіння обрушеного зерна кукурудзи за більш сучасною технологічною схемою. Вони включають: пересувний бункер БМ-62; завантажувач КШП-5; сітчастий барабан для первинного очищення обрушеного зерна від великих домішок, листя та «волосся»; два реконструйованих ворохоочисники ЗВ-50; норії для чистого зерна та домішок; чотири, шість або вісім бункерів БВ-25 чи К-878; конвеєри для завантаження і вивантаження бункерів; топку; вентилятор накрпичувальних бункерів для сухого зерна кукурудзи та домішок; відвантажувальні конвеєри для просушеного зерна і домішок. Такі комплекси дають змогу цілодобово приймати, очищати та сушити обрушене зерно кукурудзи. При підтриманні правильного температурного режиму забезпечується зберігання насіннєвих якостей зерна. Крім того, можна приймати партії обрушеного зерна за сортами й очищати зерно від усіх домішок.

2.7. Іноземні зерносушарки

Найбільшого розвитку зерносушильна техніка набула в США, Великобританії, Швеції, Німеччині, Франції, Чехії, Польщі. Зерносушильний парк цих країн надзвичайно різноманітний, характеризується великою кількістю моделей зерносушарок.

У фермерських господарствах дуже поширеним є сушіння зерна в металевих силосах місткістю 30...250 т і більше. Агент сушіння нагнітається вентилятором у підпілля, а на підлозі встановлюють повітророзподільні канали або силос має днище, виготовлене із сита. Для підвищення ефективності сушіння в силосах розміщують перемішувальні пристрої, наприклад вертикально підвішений шнек або два шнеки – вертикальний та горизонтальний. Останній, крім перемішування зерна, здійснює також розвантаження силосу по всій площі його підлоги.

На великих фермах та елеваторах в основному використовують неперервно діючі сушарки, серед яких найпоширенішими є шахтні з повітророзподільними коробами або перфорованими стінками. Деякі зерносушарки, не маючи ні підвідних, ні відвідних коробів, характеризуються низькою металомісткістю. Вентилятори розміщують безпосередньо біля сушильних камер або навіть монтують у них. Багато фірм перейшли на виготовлення уніфікованих сушильних блоків, з яких монтують однотипні зерносушильні установки необхідної продуктивності.

Як агент сушіння застосовують суміш продуктів згоряння рідкого або газоподібного палива з повітрям. Використовують зерносушарки з паровими калориферами для нагрівання повітря. Поширеними є сушарки з попереднім нагріванням зерна, рециркуляцією відпрацьованого агента сушіння та холодного повітря, яке пройшло через охолоджувальну камеру, що знижує витрату теплоти під час сушіння зерна.

На рис. 2.50 показано зерносушарку фірми «Ферм Фанз» (США). Кожен блок її є самостійною сушаркою з двома вентиляційними вузлами *9*. Сушильний блок складено з кількох сітчастих колонок *3*, закріплених на станинах 6. Товщина зернового шару, що продувається, становить 350 мм. Стінки колонок виготовлено із стального оцинкованого сита з отворами 0

2,4мм. Довжина одного сушильного блока дорівнює 6000 мм. У сушарці можна сушити й охолоджувати зерно або тільки сушити його з наступним охолодженням у силосі, що вентилюється. Вологе зерно завантажують у надсушильний бункер *2*, де знаходиться шнек *1*, який розрівнює шар зерна і розподіляє його по довжині колонки. Із бункера зерно опускається по двох колонках. У простір *4* між ними нагнітається агент сушіння. Висушене зерно вивантажується з нижнього бункера. Продуктивність сушарки регулюють, змінюючи частоту обертання розвантажувального шнека *7* за допомогою пульта керування *8*. Датчики *5* служать для вимірювання температури зерна, а в камері *10* спалюється паливо.

Фірма «Кемпбелл» (США) випускає шахтну зерносушарку з повітророзподільними коробами (рис. 7.51, а). Сушарка складається зі здвоєної металевої шахти *2* та топки *4*. Шахту складають із секцій, розділених перегородками на 10 однакових колонок. Вона має сушильну *1* та охолоджувальну *3* камери.

Короби – трикутної форми, ряди підвідних коробів чергуються з рядами відвідних (рис. 2.51, *б*). Крок коробів по вертикалі змінний (від 200 до 400 мм), завдяки чому змінюється питома витрата агента сушіння по зонах. Крок коробів по горизонталі становить 425 мм. У підвідних коробах встановлено перегородки двох типів: великі 4 та малі 3 для відокремлення соломистих домішок. Перегородки кріплять стежками *5*, *6*. У середній частині відвідних коробів є розпірки *2*. Поз. *1* на рис. 2.51, *б* позначено перегородки в шахті.

Із зовнішньої стінки шахти вихідні отвори відвідних коробів закрито кришками на шарнірах. У відвідних коробах встановлено датчики приладів для автоматичного вимикання вентиляторів у разі перегрівання зерна або оголення верхніх рядів коробів. Розвантажувальний пристрій складається з 10 валиків з гвинтоподібними жолобками. Продуктивність сушарки до 80 т/год при зниженні вологості зерна на 5 %.

В Японії для сушіння рису-зерна використовують шахтні сушарки, розділені по висоті на шість секцій. Температура агента сушіння у першій зоні становить 45...50 °С, в останній – 30...35 °С.

Зниження вологості рису за одне проходження через сушарку не перевищує 2...2,5 %.

На рис. 2.52 зображено схему шахтної сушарки фірми «Сатакі» (Японія) для циклічного сушіння рису-зерна. Сушарка працює в комплекті з силосами, що вентилюються, для проміжного відволожування зерна. Зниження вологості з 22...25 до 14 % досягається за шість циклів. Тривалість перебування рису-зерна у сушарці за кожен цикл становить 10...15 хв, відволожування між його проходженнями через сушарку триває 2,5...3 год при неперервному активному вентилюванні зерна зовнішнім повітрям.

Чеська зерносушарка ЛСО-11 відкритого типу (рис. 2.53) мас розміри, м: довжину – 30, ширину – 11, висоту – 24. Призначена вона для сушіння всіх основних зернових культур, включаючи кукурудзу та ячмінь пивоварений.

Сушарка складається з двох шахт, змонтованих на загальній станині. Кожна із шахт має: надсушильний бункер з конусом-розсікачем для рівномірного розподілу зерна по перерізу бункера; дві сушильні й охолоджувальну зони, розділені зерновою подушкою; випускний пристрій та підсушильний бункер.

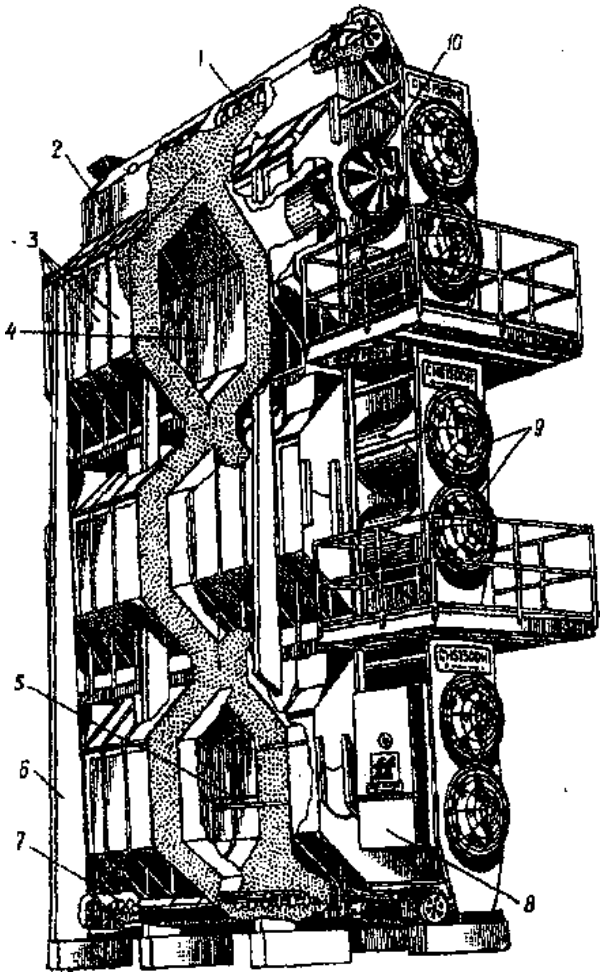


Рис. 2.50. Зерносушарка фірми «Ферм Фанз» (США)

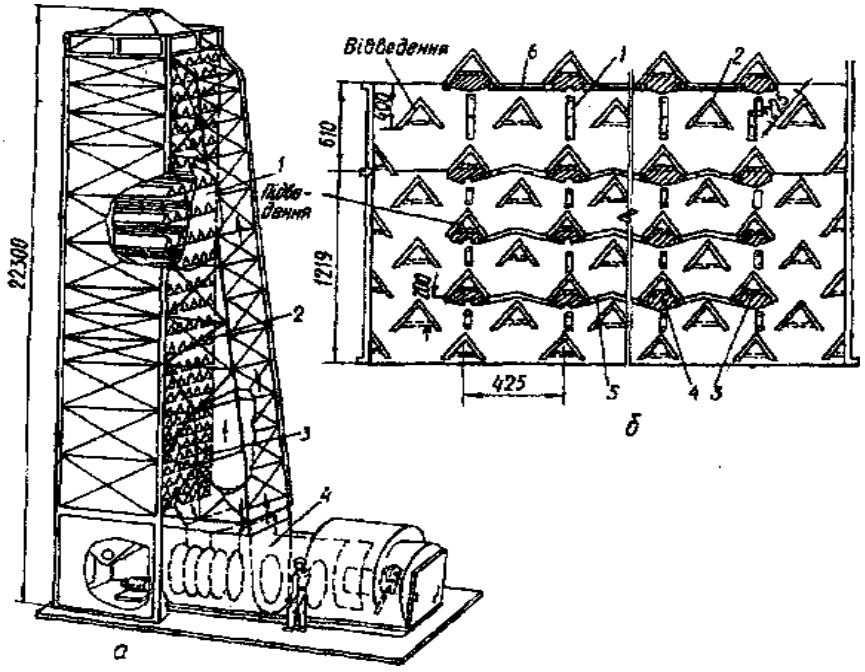


Рис. 2.51. Зерносушарка фірми «Кемпбелл» (США)

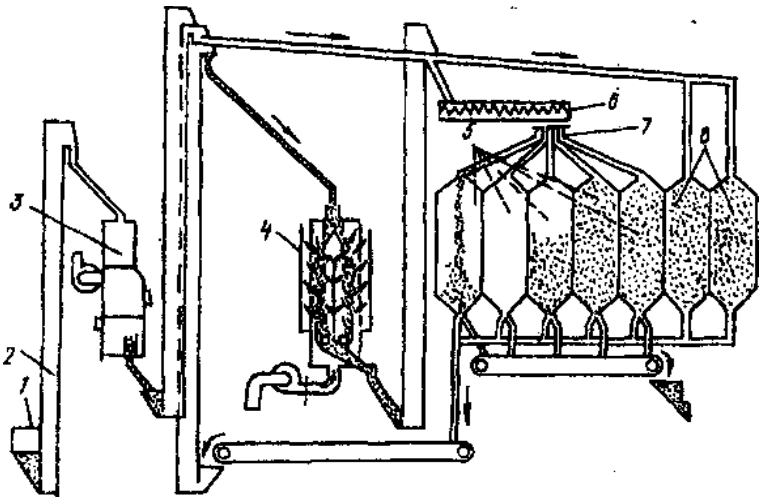


Рис. 2.52. Схема шахтної сушарки фірми «Сатакі» (Японія) для циклічного сушіння рису-зерна:

1 – приймальний бункер; *2* – норія; *3* – зерноочисний агрегат; *4* – сушарка; *5* – силоси для відволожування рису-зерна; *6* – шнек; *7* – розпадільник рису-зерна по силосах; *8* – силоси для просушеного рису-зерна

Сушильні та охолоджувальні шахти складаються з *18* однакових за висотою секцій. Перша сушильна шахта включає сім секцій, друга – чотири секції; зона відлежування зерна між першою та другою сушильною й охолоджувальною зонами по висоті дорівнює приблизно половині висоти секції і служить для встановлення в ній датчиків температури зерна. Охолоджувальна зона містить п’ять секцій.

У кожній секції по висоті встановлено два ряди жалюзійних коробів. У кожному ряду підвідні та відвідні короби чергуються між собою. Висота короба – 200 мм, ширина – 100 мм, довжина – 1500 мм; крок коробів по горизонталі – 200 мм, по вертикалі – 300 мм. Короби кожного наступного по висоті ряду зміщено відносно попереднього на 100 мм.

Для запобігання потраплянню агента сушіння та повітря в зону відлежування зерна отвори підвідних коробів останнього ряду заглушено. Сушарка має випускний механізм роторного типу.

Сушарка (рис. 2.54) працює за принципом всмоктування на чистому підігрітому повітрі, яке нагрівається в теплогенераторі, а кожна шахта обслуговується своїми теплогенератором і вентилятором.

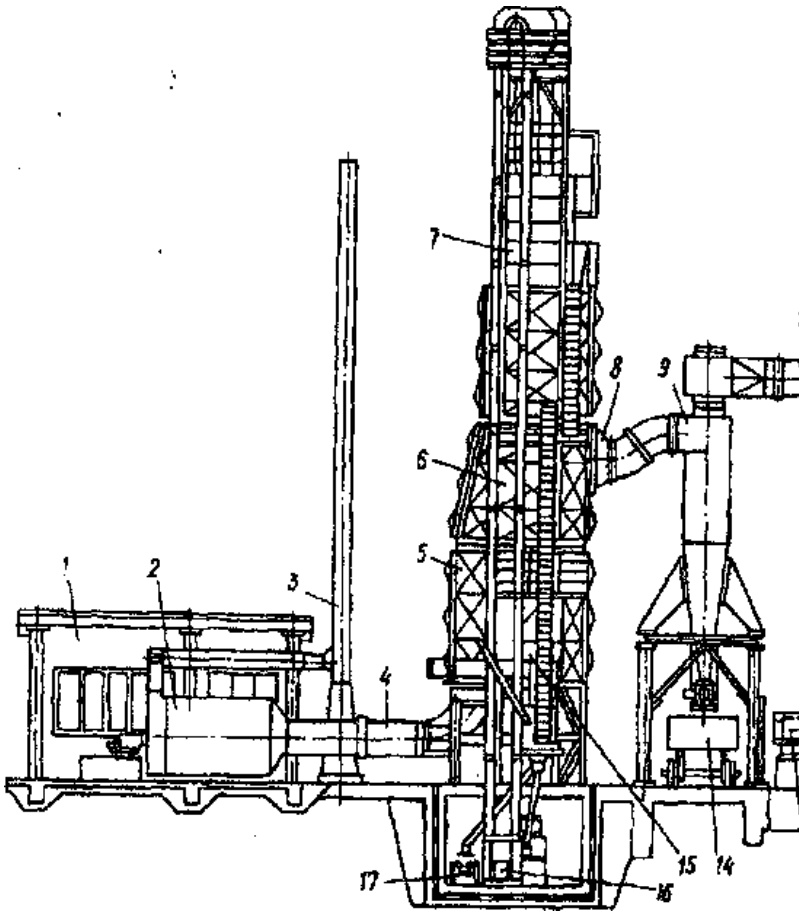


Рис. 2.53. Чеська зерносушарка ЛСО-11:

1 – топкове приміщення; *2* – топка; *3* – димова труба; *4*, *10*– повітропроводи; *5* – дифузор; *6* – сушильна шахта; *7* – надсушильний бункер; *8* – конфузор; *9* – циклон; *11* – глушник; *12* – вентилятор; *13* – електродвигун; *14* – візок для відходів; *15* – охолоджувальна шахта; *16* – норія; *27* – конвеєр

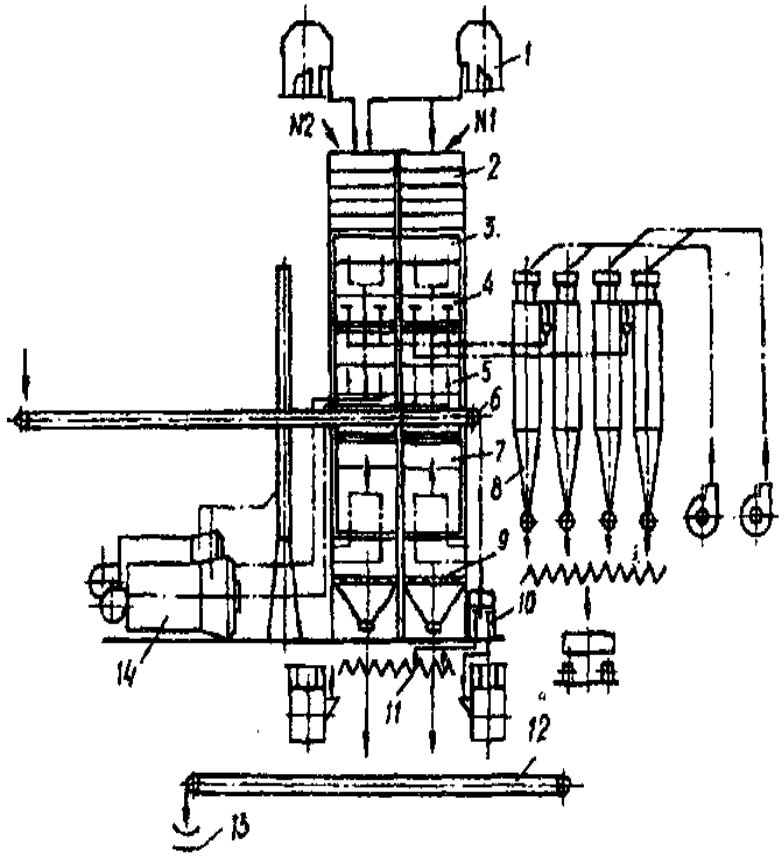


Рис. 2.54. Технологічна схема чеської зерносушарки ЛСО-11

1 – норія; *2* – надсушильний бункер; *3* – перша сушильна зона; *4* – нейтральна зона; *5* – друга сушильна зона; *6* – конвеєр сирого зерна; *7* – охолоджувальна зона; *8* – циклон; *9* – випускний пристрій; *10* – розподільний бункер; *11* – шнек; *12* – конвеєр сухого зерна; *13* – підсилосний конвеєр; *14* – топка

Частина атмосферного повітря проходить послідовно (внаслідок розрідження, створеного вентилятором) через теплогенератор (де нагрівається), канали для підведення агента сушіння в першу та другу зони сушіння, шари зерна між підвідними та відвідними коробами, канал для відпрацьованого агента сушіння, два паралельно розташованих циклони і викидається в атмосферу вентилятором. Друга частина атмосферного повітря також проходить послідовно через канал для підведення повітря в охолоджувальну зону, шари зерна між підвідними і відвідними коробами, канал для

відпрацьованого повітря, після чого змішується з відпрацьованим агентом сушіння і викидається в атмосферу. Вентилятори сушарки – відцентрові типу РВЕ-2000 з установленою потужністю 110 кВт кожний.

Працює сушарка так. Зерно після попереднього очищення подається у розподільний бункер, де поділяється на дві частини і двома норіями спрямовується у надсушильні бункери. При цьому із надсушильного бункера, в який надходить більша частина сирого зерна, надлишки його зливаються в оперативний бункер, чим досягається постійний рівень у надсушильних бункерах. Рівень зерна в бункерах підтримується за допомогою датчиків.

При необхідності (в разі надходження на сушіння зерна вологістю понад 19 %) схема сушарки дає змогу здійснити перехід з паралельного режиму роботи її шахт на послідовний. При цьому зерно послідовно проходить спочатку першу, а потім другу шахту. Теплогенератор сушарки може працювати як на рідкому, так і на газоподібному паливі.

Польська зерносушарка М-819 відкритого типу (рис. 2.55) складається з: топки; завантажувального скребкового конвеєра *4*; норії *5*; двох паралельно розташованих на станині сушильних шахт *3* з напірно-розподільною камерою між ними та загальним надсушильним бункером *6*, дифузором *7* і конфузором *8* випускного пристрою із загальним для обох шахт підсушильним бункером; пристрою *9* для очищення відпрацьованого агента сушіння та повітря. Зверху надсушильного бункера установлено скребковий конвеєр, який розміщено у спеціальному жолобі з ситовим дном. Остова поверхня запобігає потраплянню великих домішок у шахти, а виводяться вони конвеєром. У бункері є датчик рівня зерна. Поз. *1* на рис.2.55 позначено теплогенератор, а поз. *2* – димову трубу.

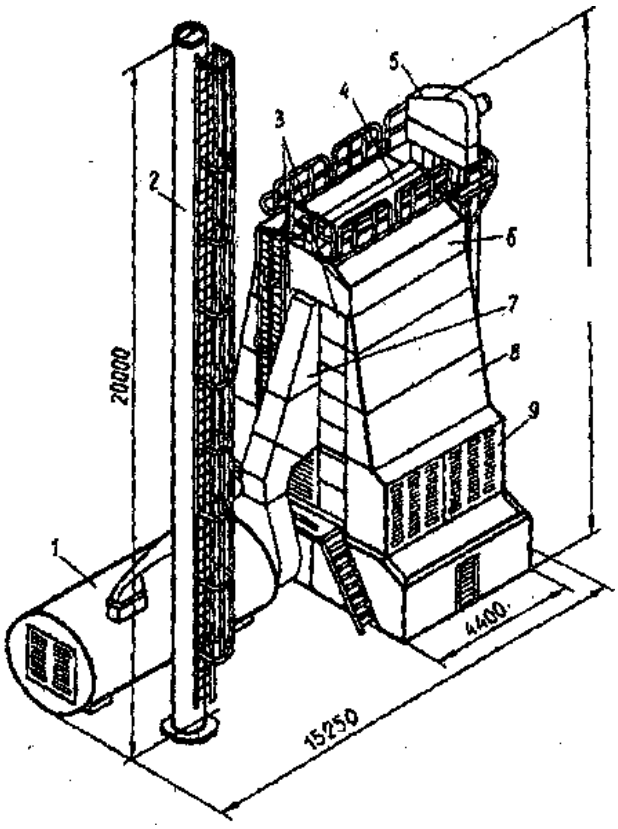


Рис. 2.55. Польська зерносушарка М-819

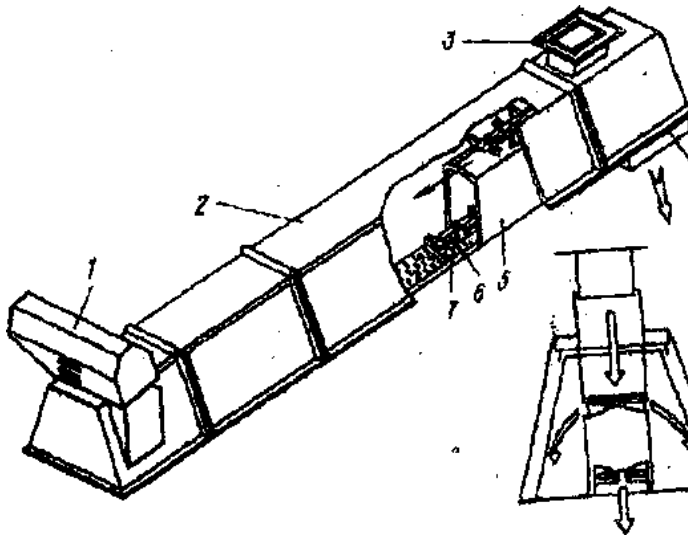


Рис. 2.56. Скребковий конвеєр польської зерносушарки М-819

Кожна із шахт по висоті складається із сушильної, проміжної та охолоджувальної зон, причому сушильна зона містить п’ять однакових секцій з підвідними і відвідними коробами, а охолоджувальна – дві аналогічні за конструкцією секції. Проміжну

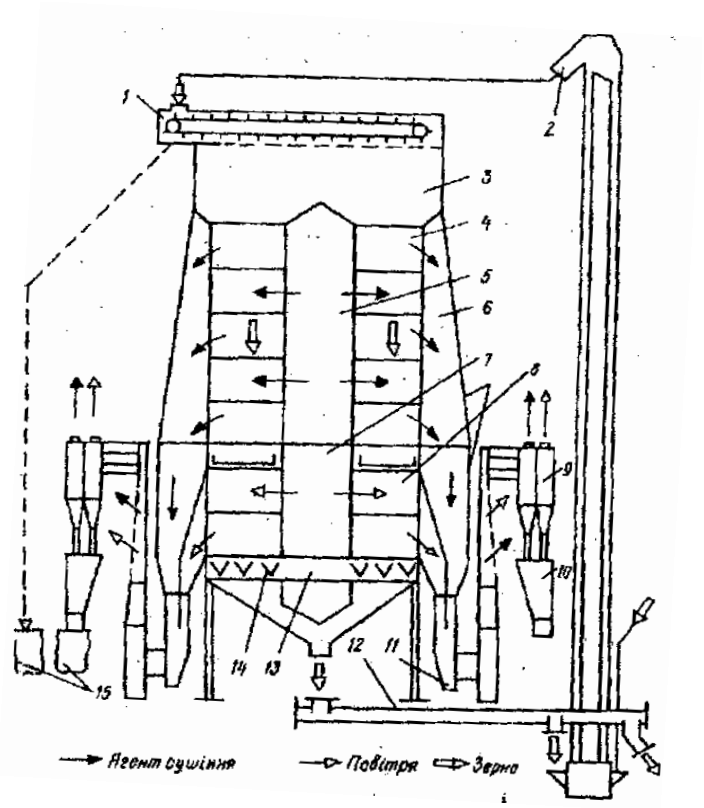
зону (не продувається ні повітрям, ні агентом сушіння) оснащено датчиками для контролю температури нагрівання зерна та засувкою з ручним приводом.

Вивантаження зерна та регулювання продуктивності сушарки здійснюються випускним пристроєм, розташованим під кожною шахтою. Для очищення відпрацьованого агента сушіння та повітря зерносушарка має пиловідокремлювальні пристрої (рис. 2.56). Очищення здійснюється в інерційниках і мультициклонах. Інерційники розташовано з двох боків від шахт. Із мультициклонів пил потрапляє в бункер, а з нього – в мішок, закріплений тримачем.

Технологічну схему зерносушарки М-819 показано на рис. 2.57. Працює вона так. Попередньо очищене зерно з норії подається конвеєром *1* у сушильний бункер *3*, звідки спочатку надходить у сушильні шахти *4*, а потім – в охолоджувальні шахти, де зерно охолоджується. Далі воно спрямовується у підсушильний бункер *13*, звідки транспортується в склад, а якщо зерно недосушене, то повертається на повторне сушіння.

Агент сушіння всмоктується вентиляторами *11* із топки через напірно-розподільні камери *5, 7* і сушильні шахти *4* (наповнені зерном), а також конфузори і подається в інерційний пиловіддільник з мультициклонами Р, звідки відпрацьований агент сушіння викидається в атмосферу.

Для відсмоктування із сушарки агента сушіння (із сушильних шахт) і зовнішнього повітря (з охолоджувальних шахт) використовуються одні й ті самі вентилятори. Конструкція конфузора вентилятора дає змогу регулювати витрату агента сушіння та зовнішнього повітря в сушильних і охолоджувальних шахтах. Вентилятори, пиловіддільники, конвеєри – все це розташовано всередині корпуса сушарки. Норію для подачі сирого зерна встановлюють поруч із сушаркою. Повітря нагрівається в теплогенераторі, що працює на рідкому паливі. Сушарку оснащено чотирма вентиляторами з потужністю електродвигунів 18,5 кВт кожний. Решта позиційних позначень нарис. 2.57 розшифровуються так: *6* – дифузор; *10* – збирач пилу; *12* – конвеєр просушеного зерна; *14* – випускний механізм; *15* – мішки з пилом.



2.57. Технологічна схема польської зерносушарки М-819

2.8. Пристрої для попереднього нагрівання зерна

Сучасний рівень технології сушіння зерна характеризується широким використанням комбінованих методів сушіння. На першому етапі зерно високої вологості сушать у падаючому, киплячому та інших розпушених шарах, а на наступних етапах – у щільному шарі. Короткочасне сушіння у падаючому, киплячому шарах супроводжується в основному інтенсивним нагріванням зерна і незначним зняттям вологи. У зв’язку з цим його часто розглядають як попереднє нагрівання, яке є одним із напрямів удосконалення технології сушіння зерна. Доцільність цього процесу перед сушінням зерна пояснюється тим, що під час підвищення його температури, без випаровування вологи, відбувається її переміщення із середини до поверхні зернини, що запобігає швидкому висушуванню оболонок при наступному сушінні зерна. Але не тільки інтенсифікує процес сушіння, а й сприяє зберіганню або поліпшенню якості просушеного зерна.

Етап попереднього нагрівання зерна у процесі його сушіння має важливе технологічне значення, оскільки сприяє інтенсифікації процесу, дає змогу проводити його неперервно незалежно від вологості та засміченості сирого зерна знижує питому витрату теплоти на сушіння і при правильно вибраних режимах підвищує якість продукту.

Найпоширенішими є апарати попереднього нагрівання зерна двох типів: умонтовані в зерносушарку та розташовані окремо.

Умонтовані конвективні підігрівники з гальмівними елементами різних типів застосовуються в зерносушарках РД, У2-УЗБ, «Цілинних» (див. рис. 2.26, 2.27). Наявність гальмівних елементів забезпечує добре перемішування зерна, збільшує час його перебування в камері нагрівання та тривалість контакту з агентом сушіння, який надходить знизу (протитечія), порівняно з вільним падінням у 2...2,5 рази. Температура агента сушіння коливається в межах 250...350°С.

Широке застосування знайшли каскадні підігрівники зерна, розроблені в ОДАХТ. Гальмівні елементи виконуються із сіток або набору вузьких пластин (20...25 мм), які менше захаращують камеру, сприяючи збільшенню концентрації та тривалості контакту фаз (до 5...8 с), що дає змогу використовувати більш низькі температури агента сушіння (в межах 160...200°С). Крім того, хоча ці елементи і мають складнішу конструкцію, вони менш металомісткі.

Каскадні підігрівники можуть бути вмонтовані в зерносушарку, як у АІ-УЗМ, АІ-УСШ (див. рис. 2.32, 2.40), або розташовуватися поруч з нею. Такий підігрівник має вигляд прямокутного корпуса з патрубками для введення та виведення агента сушіння, а також для введення і випуску зерна. Каскадний підігрівник зерна (рис. 2.58) складається із верхньої *2* та нижньої *4* секцій, похилих перегородок *3*, по яких зерно скочується зверху вниз. Агент сушіння підводиться знизу через патрубок *1*. Перегородки встановлюють під кутом 35°. У цьому підігрівнику є валковий живильник з регульованою за допомогою заслінки випускною щілиною.

Підігрівник УІ-УКЗ-50 досконалішої конструкції складається із корпуса, всередині якого розміщено полиці. Над корпусом монтують приймальний бункер з живильником. Підігрівник (рис. 2.59) має

відвідну секцію *8*, дві робочі секції *3* та *4*, бункер *1*, патрубки *2* і *7* для підведення і відведення агента сушіння.

У підігрівнику встановлено два ряди полиць. Потік зерна на вході в нього ділиться на дві частини, кожна з яких рухається по своєму ряду полиць *5* і *6.* Всього змонтовано вісім пар полиць, встановлених над кутом 40°. Корпус робочих секцій виконано з подвійними стінками, між якими насипано теплоізоляційний матеріал завтовшки 60 мм. У цьому підігрівнику тривалість перебування зерна збільшено до 10 с.

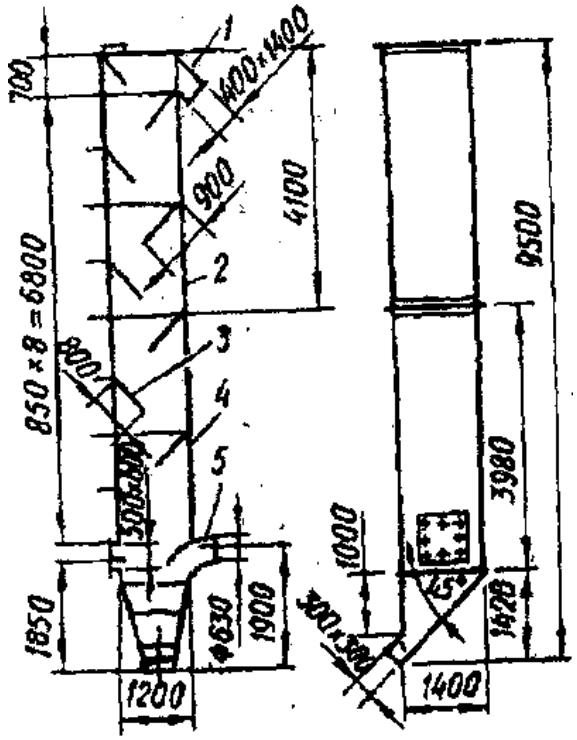


Рис. 2.58. Каскадний підігрівник зерна

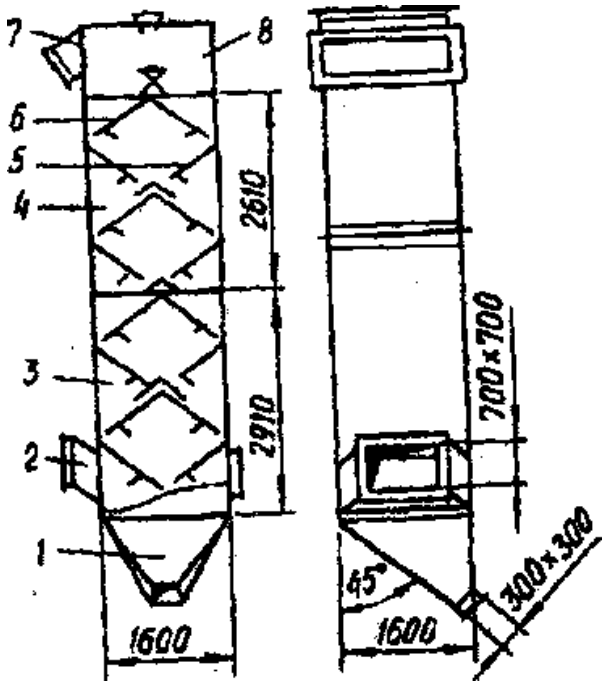


Рис. 2.59. Каскадний підігрівник зерна з полицями, що продуваються агентом сушіння

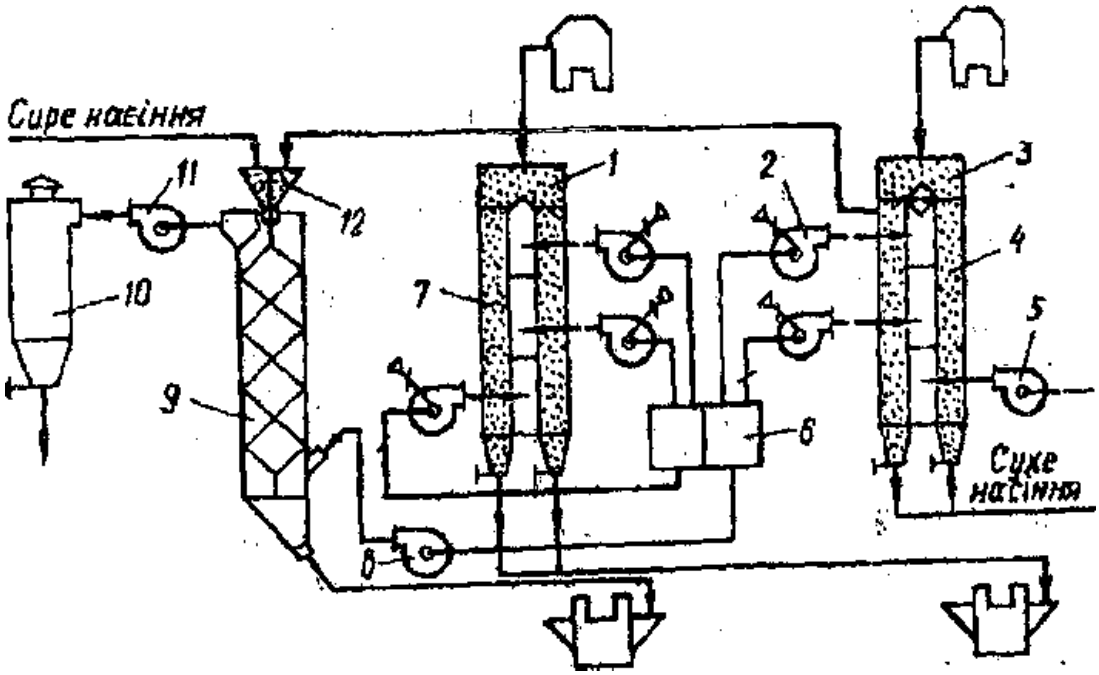


Рис. 2.60. Технологічна схема сушіння *з* використанням комплекту УІ-УКЗ-50

У підігрівнику встановлено два ряди полиць. Потік зерна на вході в нього ділиться на дві частини, кожна з яких рухається по своєму ряду полиць *5* і *6.* Всього змонтовано вісім пар полиць, встановлених над кутом 40°. Корпус робочих секцій виконано з подвійними стінками, між якими насипано теплоізоляційний матеріал завтовшки 60 мм. У цьому підігрівнику тривалість перебування зерна збільшено до 10 с.

Підігрівники цього типу рекомендовано для широкого впровадження. Як приклад, можна навести технологічну схему переведення сушильних агрегатів ДСП-32от-2 на комбінований спосіб сушіння зерна з використанням комплекту УІ-УКЗ-50 (рис. 2.60). Сире та рециркулююче зерно змішується і підсушується у каскадному підігрівнику *9.* На рециркуляцію зерно подається з надсушильного бункера *3* сушарки *4* (ДСП-32от). Охолоджувальна шахта другої сушарки *7* працює як сушильна. Продуктивність випуску зерна із шахт сушарки *7* регулюють за найбільшою продуктивністю норії, що подає зерно в надшахтний бункер *3*. Шахти сушарки *4* служать для підсушування та охолодження зерна. При необхідності другу зону шахт сушарки *4* можна перевести на охолодження зерна. Для цього у повітропроводі агента сушіння із топки в шахту встановлюють регулювальну заслінку. Решта позиційних позначень на рис. 2.60 розшифровуються так: *1* – надшахтний бункер; *2*, *5*, *8*, *11* – вентилятори; *6* – топка; *10* – циклон; *12* – бункер.

2.9. Прив’язка зерносушарок

Установлення зерносушарок біля складів. На хлібоприймальних підприємствах зерносушарки встановлюють як в окремих спорудах, так і на майданчиках. Спорудження зерносушарок біля складів пов'язано із значними капіталовкладеннями. Тому транспортне та інше обладнання доцільно розміщати так, щоб можна було використовувати його не тільки в період сушіння, а також в інший час (для відвантаження на залізницю, очищення та зважування зерна, що зберігається в складах поруч із сушаркою).

Очищення зерна та інші операції виконуються у робочих баштах механізованих складів. Тому для прив'язки зерносушарки до складів спеціальна робоча башта не потрібна. Найдоцільніше розміщувати зерносушарку між торцями складів. Комплекс її основного технологічного обладнання дає змогу проводити такі операції: сушіння та зберігання просушеного зерна; його переміщення зі складу в склад; відвантаження зерна на автомобільний транспорт.

Установлення зерносушарок на елеваторах. Варіанти розташування зерносушарок на елеваторах різні, але в усіх випадках намагаються забезпечити найзручнішу передачу зерна з елеватора на сушарку та назад. Сушарки *1* закритого типу розташовували в робочих баштах *2* (рис. 2.61, *а, б*). В обох варіантах удавалося самопливом подати зерно після зважування в надсушильний бункер і забрати просушене зерно в норію.

Установлення зерносушарок закритого типу в окремих спорудах дало змогу ефективніше використати, приміщення та обладнання. При цьому для зв'язку зерносушарок *1* з іншим устаткуванням треба встановлювати спеціальні над- і підсушильні конвеєри (рис. 2.61, *в, д*).

У силосному корпусі *3* (рис. 2.61, *г*) зерносушарки *1* розміщували лише при квадратній формі сил осів. У цьому разі підпадає необхідність будівництва спеціальної споруди для зерносушарки та встановлення додаткових конвеєрів, але вмонтується місткість силосного корпуса, зайнятого зерном. Зерносушарки *1* відкритого типу встановлюють в розриві між робочою баштою *2* та силосним корпусом *3* (рис. 2.61, *є*). Такий варіант розміщення збільшує розрив між спорудами й ускладнює обслуговування сушарки.

На сучасних елеваторах зерносушарки *1* встановлюють поруч із силосним корпусом *3* (рис. 2.61, *е, ж*), збоку або в торці. Розташування сушарок у торці ускладнює побудову нового корпусу з цього боку.

При встановленні зерносушарок відкритого типу і прив'язці їх до силосного корпусу до- і післясушильні бункери розташовують у сусідніх з сушаркою силосах. При цьому сире зерно подають у досушильний силос надсилосним конвеєром, а просушене зерно із післясушильного силосу забирають підсилосним конвеєром. Зв'язок

цих силосів із зерносушаркою здійснюється за допомогою спеціалізованих норій або самопливом.

При встановленні на елеваторі кількох зерносушарок для скорочення експлуатаційних витрат необхідно прагнути до розміщення всіх сушильних апаратів поруч.

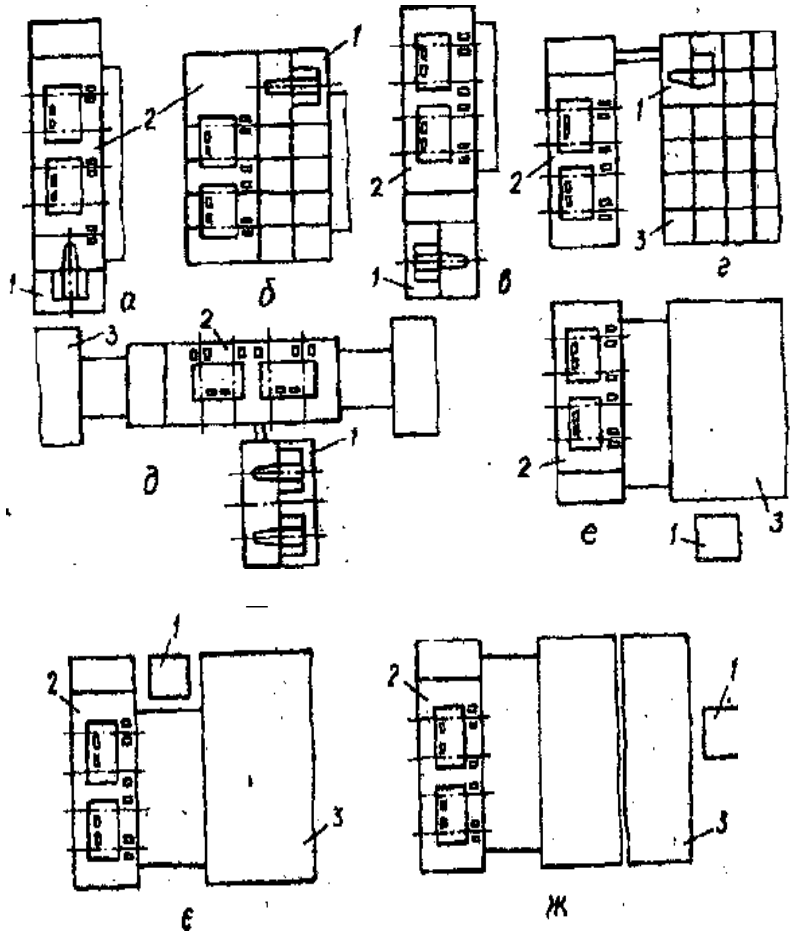


Рис. 2.61. Розташування зерносушарок на елеватора

Контрольні запитання

1. Які вимоги ставляться до зерносушарок?
2. За якими ознаками класифікуються зерносушарки?
3. Які є схеми розташування коробів зерносушарок?
4. Чим відрізняється підвідний короб від відвідного?
5. Яка будова випускних механізмів періодичної та неперервної дії?

6. Які переваги і недоліки випускних механізмів періодичної та неперервної дії?
7. Які основні вузли зерносушарки ДСП-32-ОТ?
8. За якою технологічною схемою працює зерносушарка ДСП-32-ОТ?
9. Які особливості будови зерносушарок СЗШ-16 і СЗШ-16Р?
10. За якими технологічними схемами працюють зерносушарки К4-УСА та К4-УС2-А?
11. За якими технологічними схемами працюють зерносушарки РД-2×25-70 та У2-УЗБ-50?
12. За яким принципом працюють рециркуляційні зерносушарки?
13. Яка конструкція зерносушарок АІ-УЗМ, АІ-ДСП-50 та АІ-УСШ?
14. Де здійснюється змішування сирого та рециркулюючого зерна у зерносушарках РД-2×25-70, АІ-УЗМ, АІ-ДСП-50?
15. Яку функцію виконує тепловологообмінник у рециркуляційних зерносушарках?
16. Які є конструкції підігрівників зерна?
17. За якими технологічними схемами працюють чеська зерносушарка ЛСО-11 і польська зерносушарка М-819?
18. Які переваги зерносушарок з двома контурами рециркуляції зерна?
19. Чим відрізняється камерна зерносушарка секційного типу від зерносушарки коридорного типу?
20. Як рухається агент сушіння при паралельній та послідовній роботі сушильних камер зерносушарок?
21. Яка конструкція барабанних зерносушарок?

РОЗДІЛ 3
ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Деякі види зерносховищ мають досить незначну долю в загальній місткості зерносховищ країни (комора, навіс, сапетка, асфальтований майданчик), інші застосовуються досить широко. Донедавна централізація хлібних заготівель диктувала створення великих державних підприємств елеваторної промисловості, у складі яких чинне місце займали високомеханізовані зерносховища – елеватори та склади. Нині в фермерських господарствах зросла зацікавленість в будівництві міні-елеваторів.

Матеріал цього розділу присвячений принциповому обладнанню, матеріалам та методам будівництва, сферам застосування цих зерносховищ, а також вимогам, які пред'являються до таких споруд і особливостям зберігання в них зерна тощо.

3.1. Класифікація зерносховищ

Зерносховище має бути досить міцним і стійким, тобто витримувати тиск зернової маси на підлогу й стіни, тиск вітру тощо. Воно мусить також захищати зернову масу від несприятливих атмосферних впливів і ґрунтових вод. Крівлю, вікна і двері влаштовують так, щоб виключити можливість проникнення атмосферних опадів всередину, а стіни й підлогу ізолюють від проникнення через них ґрунтових і поверхневих вод.

У правильно спорудженому зерносховищі при його нормальній експлуатації в більшості зон країни вологість повітря в ньому легко підтримується в межах 60...75 % протягом майже всього року.

Зерносховища повинні забезпечувати надійність захисту зернових мас від гризунів і птахів, а також від комах-шкідників і кліщів, бути зручними для знезаражування (дезінсекції) і видалення пилу.

Існують два основних способи розміщення зерна в сховищах: *підлогове і силосне.* При підлоговому розміщенні, зерно зберігають насипом в засіках або в тарі на підлозі при невеликій висоті шару

(5,0...5,5 м). При силосному розміщені висота зернової маси може досягати 30...40 м. У підлогового і силосного способів зберігання є свої переваги і недоліки.

При підлоговому зберіганні можна зберігати зерно підвищеної вологості, а також зернопродукти в тарі, однак такі сховища важко цілком механізувати, зробити їх герметичними.

При силосному зберіганні краще використовується об'єм сховища, тут можна механізувати приймання, обробку і вивантаження зерна, однак вартість силосних сховищ вища, ніж підлогових і їхнє будівництво триваліше.

Зерносховища класифікують за ознаками (рис. 3.1):

- за способом зберігання зерна (складські приміщення і силосні);
- за тривалістю зберігання (для тимчасового зберігання або тривалого);
- за конструктивними особливостями (навіси, склади, елеватори та ін.);
- за технологічним призначенням (тільки зберігання або зберігання та обробка);
- за ступенем механізації (немеханізовані, напівмеханізовані і механізовані);
-за наявністю і типом вентиляційних установок (канальна, напільна, переносна тощо).

Для зберігання зерна використовують наступні типи зерносховищ (рис. 3.1, 3.2).



Рис. 3.1. Класифікація зерносховищ

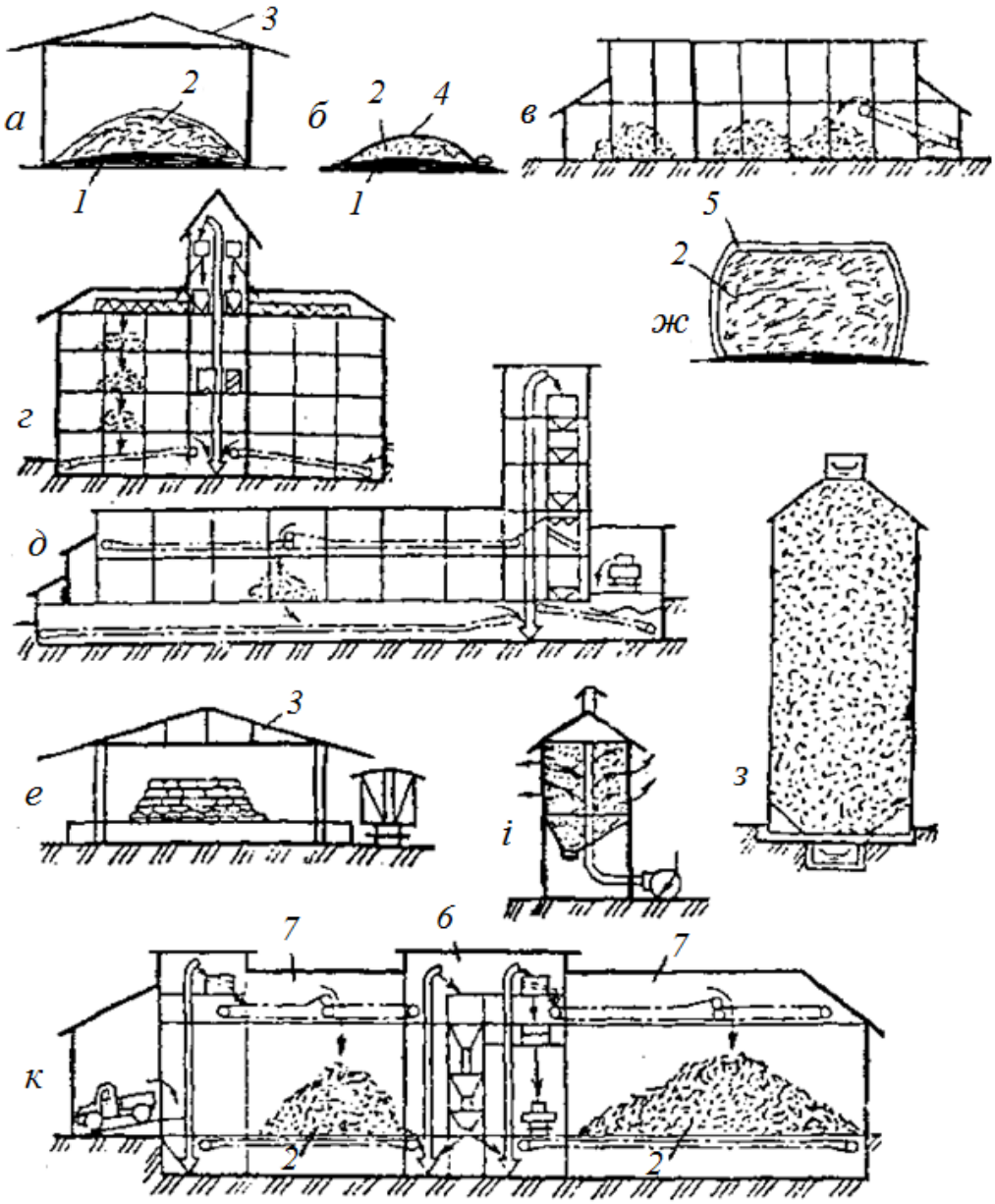


Рис. 3.2. Типи зерносховищ

а – навіс; *б* – зерновий майданчик; *в* – склад-навіс; *г* – механічний тік; *д* – механізований склад; *е* – пакгауз; *ж* – надувний склад; *з* – силос невентильований; *і* – силос вентильований; *к* – елеватор; *1* – зерновий майданчик; *2* – бурт; *3* – навіс; *4* – брезент; *5* – пластиковий каркас; *6* – робоча вежа; *7* – силос

Навіс (рис. 3.2, *а*) – споруда для зберігання зерна без стін, але з дахом і асфальтовою підлогою.

Зерновий майданчик (рис. 3.2, *б*) – асфальтове покриття з ухилом для тимчасового зберігання зерна.

Бурт (рис. 3.2, *б*) – партії зерна, покладені у формі конуса, піраміди, паралелепіпеда або іншої конфігурації поза сховищами, тобто під відкритим небом. Бурти вкривають зверху брезентом.

Склад - навіс (рис. 3.2, *в*) – приміщення для зберігання зерна насипом (напільне зберігання), секційну або в бункерах.

Механізований тік (рис. 3.2, *г*) – комплекс майданчиків і споруд для приймання, первинної обробки (очищення, сушіння) свіжозібраного зерна і його короткочасного зберігання на відкритих майданчиках або під навісом.

Механізований склад (рис. 3.2, *д*) – комплекс для закритого тривалого зберігання і механічної й теплової обробки (очищення, сушіння, знезараження) зерна.

Пакгауз (рис. 3.2, *е*) – закритий склад для зберігання зерна в тарі з можливістю завантаження і вивантаження його в залізничні вагони.

Надувний склад (рис. 3.2, *ж*) – ємність з металевим або пластиковим каркасом, стіни і дах якої утримуються в потрібному положенні в результаті заповнення внутрішніх герметичних порожнин повітрям до визначеного тиску.

Силос (рис. 3.2, *з*, *і*) – зерносховище циліндричної або прямокутної форми, у якого висота стін значно перевищує розміри поперечного перерізу. Висота силосів до 30 м і більше. Силоси призначені для тривалого зберігання кондиційного зерна, насіння, борошна, комбікорму. Завантаження силосів здійснюється ківшовими норіями, механічним або пневмотранспортом, вивантаження – самопливом.

3.2. Зерносклади і немеханізовані сховища

Найбільш поширеним типом зерносховищ як і раніше залишаються зерносклади. В загальній місткості мережі зерносховищ країни їх частка складає біля 60%. Це пояснюється тим, що будівництву зерносховищ віддавали перевагу у ті періоди, коли економічні можливості країни були обмежені для створення в стислі

терміни умов для надійного і тривалого зберігання вирощеного врожаю. Зерносклади в порівнянні з елеваторами можна було будувати значно швидше, не маючи потужної будівельної бази, з місцевих будматеріалів та з меншими капітальними затратами (для немеханізованих складів).

Зерносклади за багатьма показниками поступаються елеваторам. Але взагалі відповідають вимогам, що пред'являються до зерносховищ, таким наприклад, як: міцність і довговічність; зручність та безпечність при експлуатації; пожежо- та вибухобезпечність; порівняно невелика вартість; надійний захист зерна від ґрунтових, дощових та талих вод; пошкодження від атмосферних умов та гризунів; забезпечення максимальною механізацією всіх операцій; кількісна і якісна схоронність зерна; мінімальні експлуатаційні витрати.

Зерносклади будують з горизонтальними та скісними підлогами. Зерно засипають на підлогу. Висота насипу залежить від стану зерна і в складах різної конструкції біля стін сягає 2,5-4,5 м, в середній частині складів з горизонтальною підлогою – 5-7 м, а зі схиленою підлогою – 10-11 м.

При розрахунку місткості складу кут нахилу насипу зерна беруть 25%.

Зерносклади можуть бути механізованими, напівмеханізованими та немеханізованими.

У механізованих складах для завантаження та розвантаження зерна встановлені стаціонарні верхні (завантажувальні) та нижні (розвантажувальні) конвеєри. Напівмеханізовані склади обладнані верхнім і нижнім стаціонарними конвеєрами. Зерносклади зі схиленою підлогою – тільки механізовані.

Механізація зерноскладів пов'язується з баштами механізації (див. роз. 2), створюючи механізовані комплекси. В складах з горизонтальною підлогою, механізованих (або тільки з нижнім конвеєром), самопливом вивантажується приблизно 50% зерна. Решту підгрібають до випускних воронок засобами пересувної механізації (самоподавачами, завантажувачами в комплексі з пересувними конвеєрами). В складах з верхніми конвеєрами зерно відпускають, а в немеханізованих приймають і відпускають через ворота, розташовані

з довгих сторін складу, лише з допомогою засобів пересувної механізації.

Склади зі схиленою підлогою по всій площині складу – саморозвантажу-вальні. Нині будують тільки механізовані склади.

Основні елементи складів

Стіни складів до 1941 р. споруджували з дерева (рис.3.3), а нині з цегли і каменю (шлакобетонних та бетонних марки 50), черепашнику марки 25, рваного та постелистого бутового каменю марки 200 та монолітного шлакобетону марки 50). Внутрішні стіни оштукатурюють вапняним розчином та один раз на рік білять вапном.

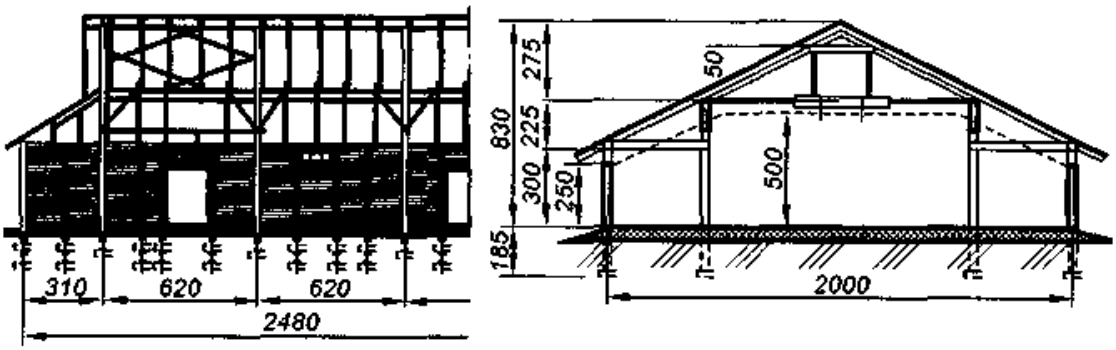


Рис. 3.3. Дерев'яний склад з асфальтним покриттям (продовжній і поперечний розрізи, розміри вказані в сантиметрах)

З урахуванням того, що питомий горизонтальний тиск на стіну зростає зі збільшенням глибини засипки, товщину стін потрібно виконувати змінною по висоті.

Облаштування контрфорсів через кожні 3 м при зведенні цегляних стін (див. рис. 3.4) знижує витрату цегли приблизно в 3 рази порівняно зі ступінчатими по висоті стінами. Однакової товщини по всій висоті роблять стіни з постелистого та рваного бутового каменю (500-600 мм), а також із шлакобетону (450 мм).

Фундамент стрічковий, влаштовують його з бутового каменю. Конструкція показана на рис. 3.4.

Між фундаментом та стіною обов'язково прокладають гідроізоляційний шар, який перешкоджає просякненню ґрунтової

вологи. Для відведення дощових і талих вод навколо всієї споруди влаштовують підмостку завширшки 1 м (при лесових ґрунтах 2 м) та стічні канави для відводу води.

Підлога повинна бути міцною і довговічною, витримувати без деформації переміщення пересувної механізації, надійно ізолювати зерно від ґрунтових і талих вод та захищати його від проникнення гризунів. В сучасних складах влаштовують суцільні підлоги – бетонні або асфальтні. Найбільш поширені асфальтові. Влаштування його показано на рис. 3.4: *1* – утрамбований сухий ґрунт (20 см); *2* – гравійна, щебенева або шлакова подушка, залита рідким вапняним розчином (15-20 см); тугоплавкий асфальт (2,5 – 4,0 см).

Покрівля повинна бути легкою, вогнетривкою, добре протистояти вітру, не псуватися від випадкових ударів при очищенні від снігу та від нагрівання сонцем.

Теплопровідність покрівлі повинна бути незначною. Найкращими матеріалами для покрівлі зерносховищ вважають азбофанеру (плескату та хвилясту) і руберойд, який укладають по суцільній обрешітці з толевою прокладкою. Конструкцію даху зазвичай виконують з дерева. В деяких проектах складів та в складах зі збірного залізобетону використовують металічні та залізобетонні конструкції.

Звичайно, ширина складів досить значна – 15-30 м. Щоб полегшити стропильну конструкцію даху, по ширині складу встановлюють проміжні опори – стійки (стовпи).

В типових проектах складів шириною 20 м внутрішній каркас складу складається з двох поздовжніх рядів дерев'яних стійок. Таким чином, в поперечному напрямку склад ділиться на три прольоти: два крайні по 4,5 м і середній 11 м. Така конструкція забезпечує можливість маневрування в складі засобами пересувної механізації.

Дерев'яні конструкції внутрішнього каркасу і покрівлі однакові для всіх варіантів стін.

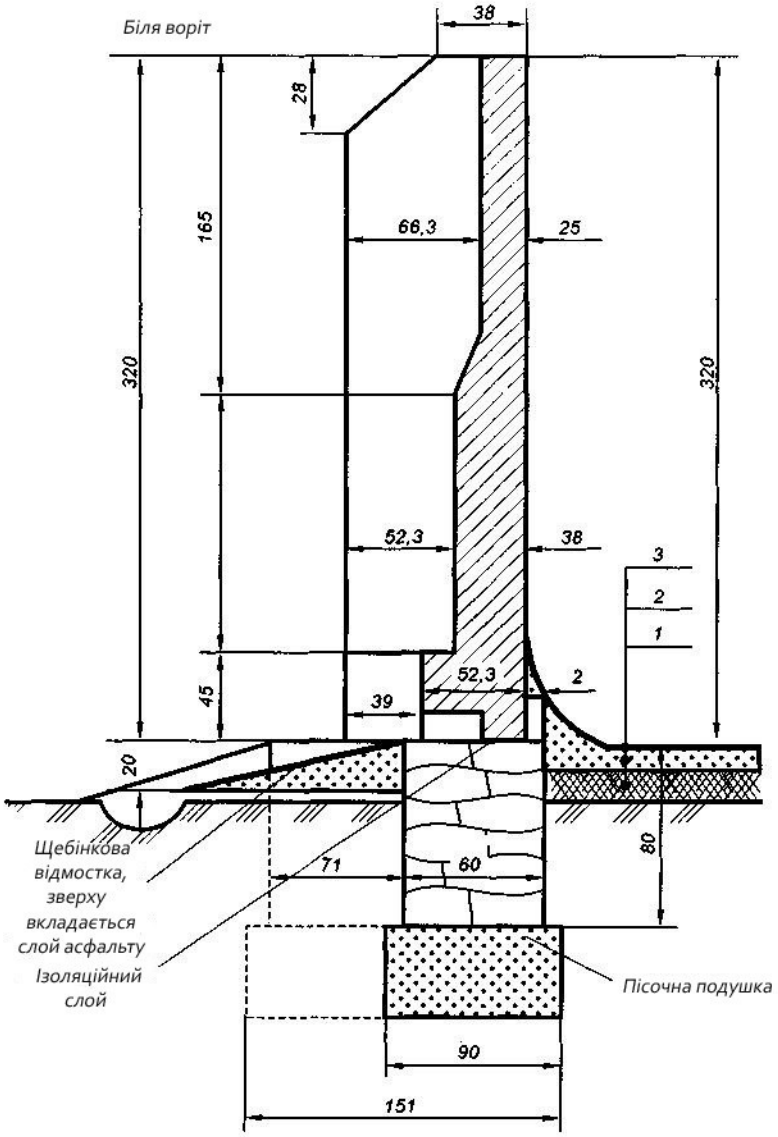


Рис. 3.4. Цегляні стіни зерноскладу:

1 – утрамбований сухий ґрунт; *2* – гравійна, щебенева або шлакова подушка; *3* – асфальт

Вікна розташовують в верхній частині стін, вище зернового насипу. Вони повинні забезпечувати не тільки мінімальне освітлення складу розсіяним світлом, але й його вентиляцію. Розмір вікна в типових проектах: ширина – 1355 мм, висота – 615 мм. Віконні фрамуги підвішують на горизонтальних петлях.

Вікна відкривають назовні нижнім ребром, що перешкоджає попаданню в склад атмосферних осадів. В віконні отвори

встановлюють допоміжні рами, оббиті сіткою, яка перешкоджає зальоту в склад птахів.

Кількість вікон – по два в кожному прольоті між дверима.

Двері-ворота зазвичай влаштовують стулчастими, які відкриваються назовні, або розсувними в обидві сторони. Двері типових складів (ширина 2,2 м; висота 2,6 м) забезпечують вільний прохід у склад засобів пересувної механізації.

Для забезпечення наскрізного провітрювання і для збереження корисної місткості складу, дверні отвори заповнюють на висоту 1,5-2,5 м закладними дошками. Для цього в дверній коробці облаштовують спеціальні пази.

Відстань між дверима в складах старої конструкції 8 м, в нових – 15,4 м.

Транспортерні галереї. Верхня транспортерна галерея являє собою пройом по всій довжині складу, влаштований в середній частині стропильних ферм з встановленим в ній верхнім конвеєром з перекидним возиком.

Нижні транспортерні галереї виконують по подовжній вісі складу під підлогою. Нижні галереї бувають прохідні (більшість) та непрохідні.

Прохідні галереї в поперечному розрізі мають габарити, які забезпечують встановлення конвеєрів та вільний прохід для обслуговуючого персоналу. Вони можуть бути збудовані з місцевого будівельного матеріалу або збірного залізобетону. Останні складають з плит або коробів (прямокутного перерізу) або з кілець (круглого перерізу) (рис. 3.5, *а, б*). Випуск зерна на нижній конвеєр здійснюється через металеві випускні воронки, під якими встановлені заслінки, якими регулюють масу зерна, що надходить на конвеєр за одиницю часу. Звичайно у складі передбачено 10 воронок.

Непрохідні галереї (рис. 3.5, *в*) розраховані тільки на встановлення конвеєра. Відомі рішення, коли при застосуванні непрохідних галерей стрічковий конвеєр передбачають опоясуючим, тобто розвантажувальна частина стрічки приходить у нього в нижній галереї, а завантажувальна у верхній.

Регулювання заслінками випускних отворів виносять на верхню галерею (вертикальні штанги зі штурвалами). Непрохідні галереї

встановлюють у випадку, коли високий рівень підняття ґрунтових вод не дозволяє передбачити прохідну нижню галерею. Перевага непрохідних галерей – більш низька вартість будівництва.

Нижні галереї за конструкцією запроектовані в декількох варіантах, про які можна судити по рисункам складів, наведених у цьому підрозділі.

3.3. Типи зернових складів

Склади з горизонтальними підлогами. Нині в експлуатації в основному зерносклади, збудовані в повоєнні роки за типовими проектами ГИ ПЗП.

Зерносклад 1949 р. Розміри в плані 50×20 м, місткість Е = 2500 т. Таких складів залишилось небагато.

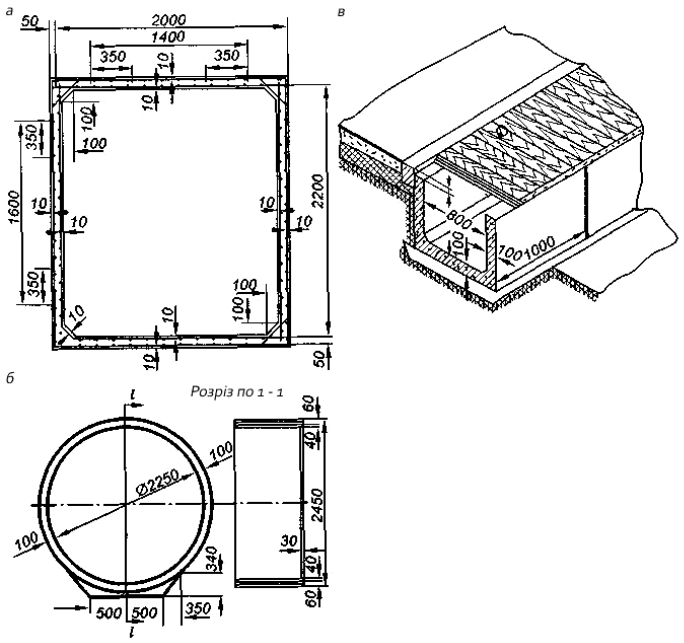


Рис. 3.5. Підземні транспортерні галереї

а – прохідна галерея з прямокутних просторових елементів (проект ЦНИЛ); *б* – прохідна галерея з круглих просторових елементів (проект Промзернопроекта); *в* – непрохідна галерея з елементів лоткового типу

Зерносклад 1953 р. Дуже поширений. Розміри в плані 62×20 м, місткість Е = 3200 т. Розроблені проекти одно-, двох- та

трьохсекційних складів. На рис. 3.6 показані фасади двохсекційного зерносховища (вид збоку і з торця). На рис. 3.7 показано конструктивне рішення двохсекційного зерносховища та прив'язка його до башти механізації. В подовжньому напрямку склад розділений на дев'ять прольотів по 6,2 м та два крайніх – по 3,1 м.

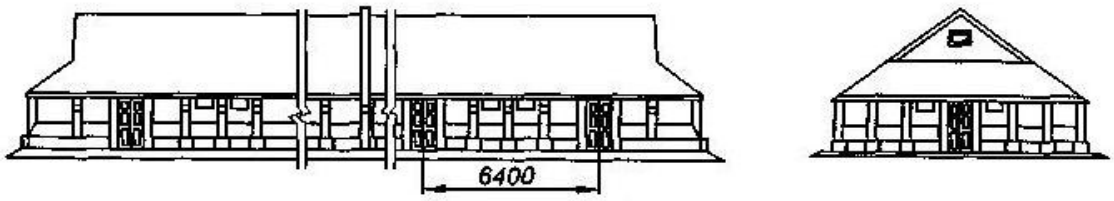


Рис. 3.6. Подовжній та поперечний фасади зерносховища 1953 р

Зерносховище 1964 р. В зв'язку з впровадженням в країні єдиного шага колон промислових будівель відстань між стійками зменшили з 6,2 м до 6,0 м, а крайні прольоти прийняли по 3 м. Розміри складу в плані 60×20 м, місткість Е = 3000 т. В цих складах передбачено проектом можливість обладнання всього внутрішнього каркасу з пиломатеріалу (тип ДМИ – 64) або установка стійок, балок та ферм зі збірного залізобетону (тип ЖБМ – 64).

Зерносховище 1967 р. зі збільшенням висоти насипу зерна. Висота стін складу 5,3 м; висота насипу зерна біля стін 4,5 м; в центрі – 7 м. Розмір в плані 60×20 м, місткість Е = 4400 т.

Переваги складів з горизонтальними підлогами:

- можливість зберігати невеликі партії зерна;
- можливість зберігання в одному складі декількох різних партій зерна за рахунок розділу складу хлібними збірно-розбірними щитами на окремі відсіки;
- достатній природний обмін повітря, що створює сприятливі умови зберігання зерна;
- можливість обладнання складів пристроями для активного вентилювання зерна (рис. 3.8) та аерожолобами;
- менший опір для повітря при активному вентилюванні.

Недоліки:

- більша площа під складами;

- високі експлуатаційні витрати;
- збільшена трудомісткість контролю за станом зерна.

Склад зі схиленою підлогою. Будівництво можливе при глибокому рівні залягання ґрунтових вод та достатній щільності ґрунтів. Типові проекти таких складів, розроблених ГИ ПЗП, у всіх варіантах передбачають використання конструкцій стін і покрівлі з горизонтальною підлогою. Підлогу в складах заглиблюють на 6 -7 м. Вони можуть бути зі схилом на всій площі складу, або мати горизонтальні ділянки різної ширини вздовж стін. Це забезпечує повний або частковий самоплив зерна на нижній конвеєр. Кут нахилу підлоги не менше 36-40^{o}. Збільшена висота стійок. Нижня галерея розташовується на глибині 8 м.

Розроблені типові проекти складів типу НП – 1, НП – 3, НП – 4, НП – 5, НП – 6, НП – 8, НП – 9. На рис. 3.9 наведені поперечні розрізи складів типу НП – 4, НП – 8 та НП – 9.

Склади зі схиленими підлогами призначені тільки для значних однорідних партій зерна. Місткість їх від 3600 т до 5800 т. Розмір в плані 60×20 м.Склади зі збірного залізобетону. Такі склади розпочали споруджувати з 1955 р. На рис. 3.10 подано поперечний розріз складу.

Найбільш економічним в порівнянні з іншими складами, типові проекти яких розроблені ГИ ПЗП, є зерносклад 1956 р. (рис. 3.11). Розміри складу в плані 90×24 м. Місткість 5500 т. Шаг колон в повздовжньому напрямку прийнятий 6 м; у поперечному напрямку склад трьохпролітний, з крайніми прольотами по 6 м. та середнім – 12 м. Зовнішні колони зв’язані з балками покрівлі жорсткими вузлами за допомогою болтів. Таким чином, у поперечному напрямку створюються жорсткі рами, розташовані через 6 м.

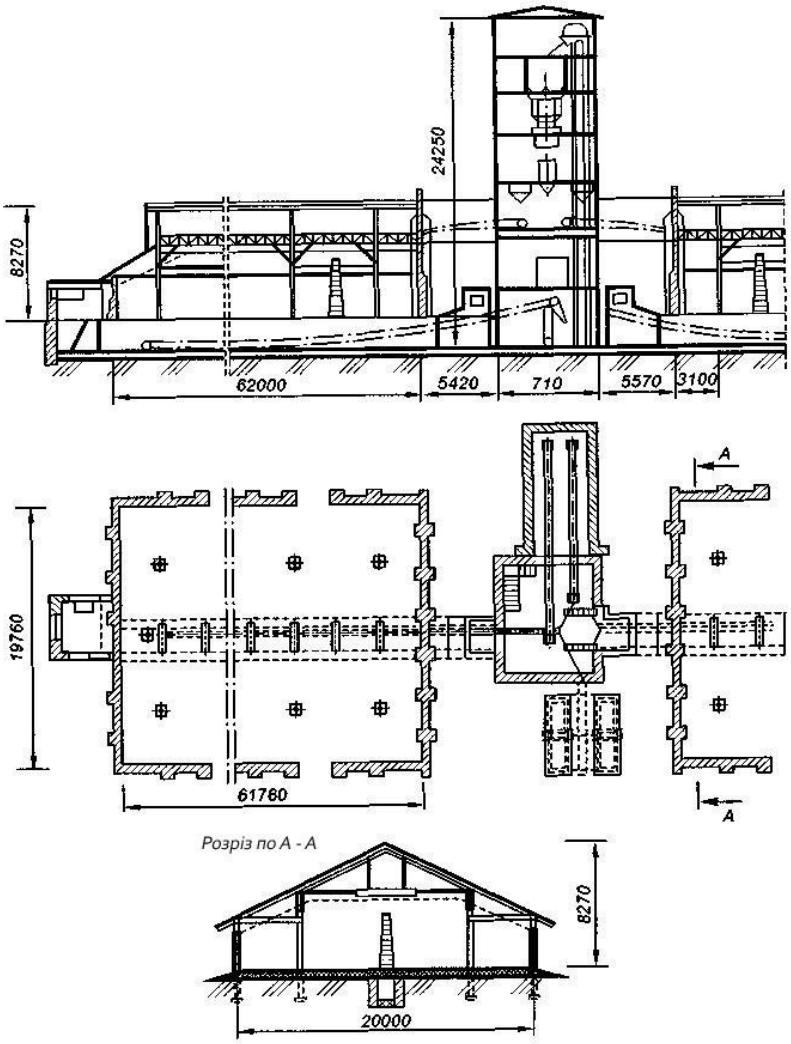


Рис. 3.7. Прив’язка двохсекційного зерноскладу типу 1953 р. до башти механізації



Рис. 3.8. Склад обладнаний стаціонарною установкою для активного вентилювання зерна

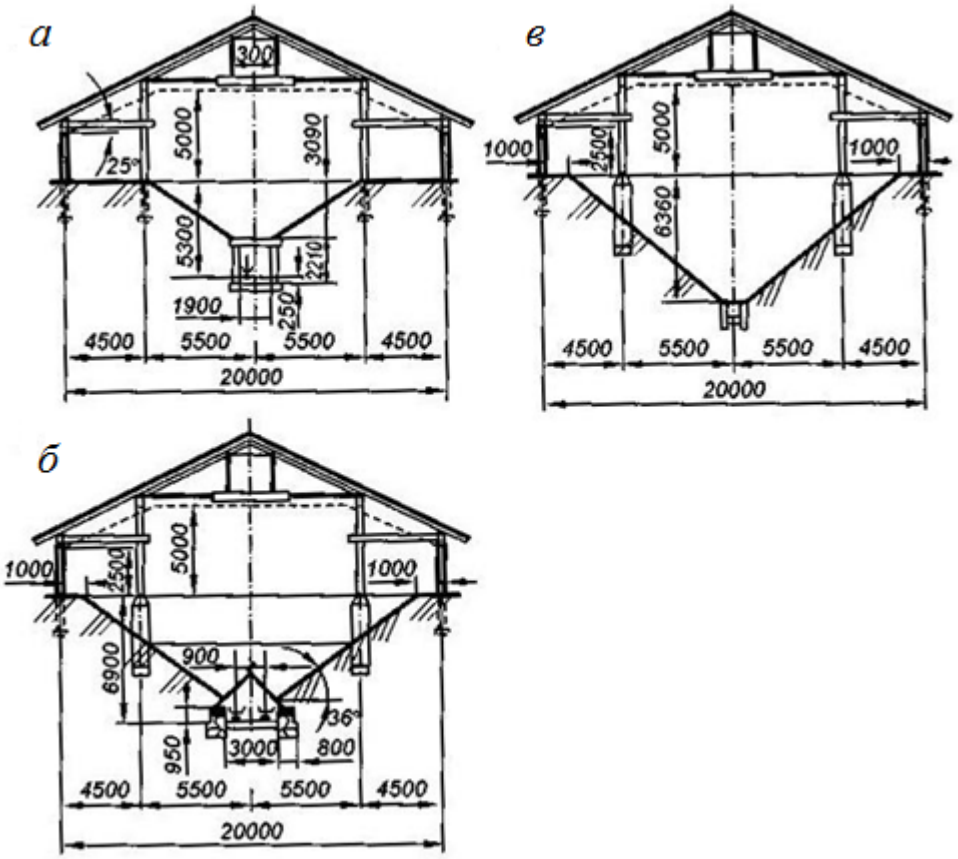


Рис. 3.9. Зернові склади зі схиленою підлогою:
а – НП-4; *б* – НП-8; *в* – НП-9

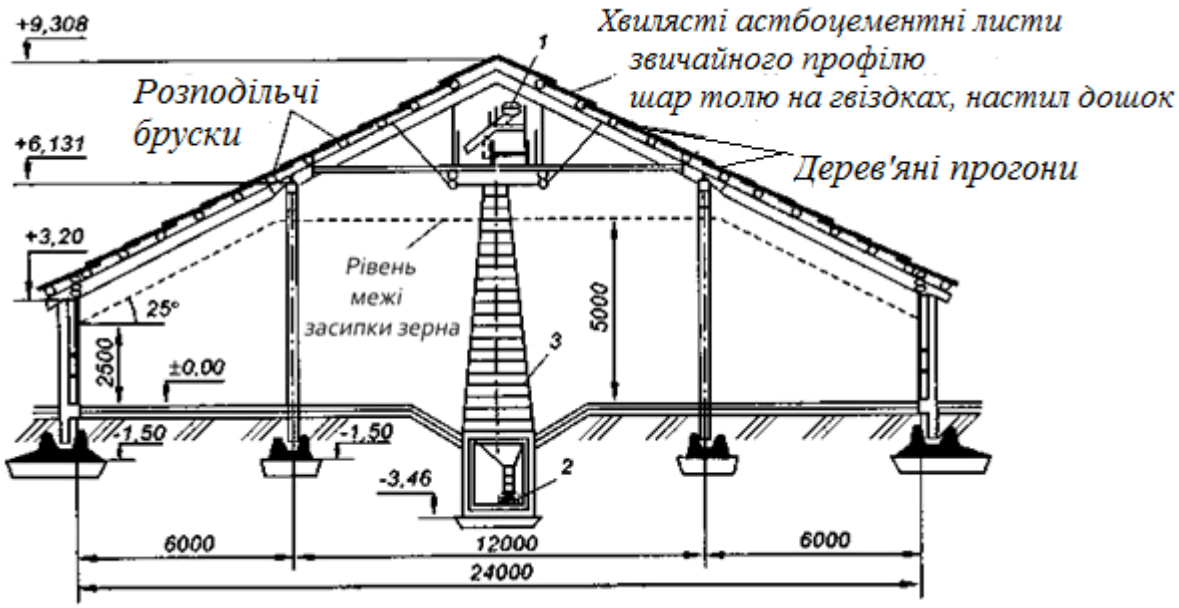


Рис. 3.10. Склад зі збірного залізобетону типу 1955 р

Фундаменти під колони – стаканного типу. Стінові панелі представлені ребристими плитами висотою 2,5 м , шириною 2 м.

Більшість збірних елементів зерноскладу запроектовано в двох варіантах – із звичайного та зовнішньо-армованого залізобетону.

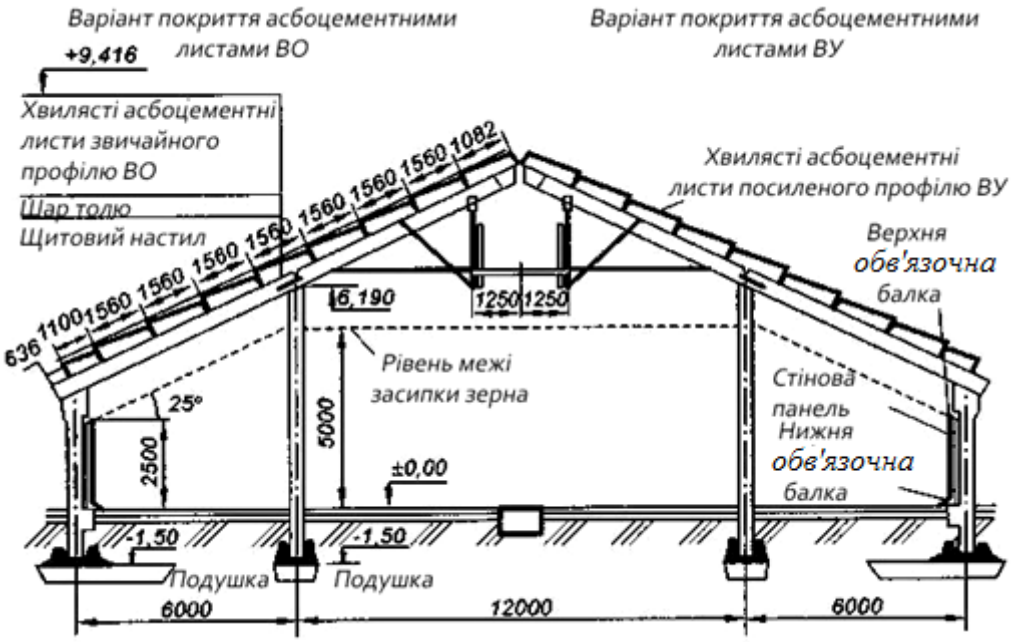


Рис. 3.11. Поперечний розріз зерноскладу 1956 р

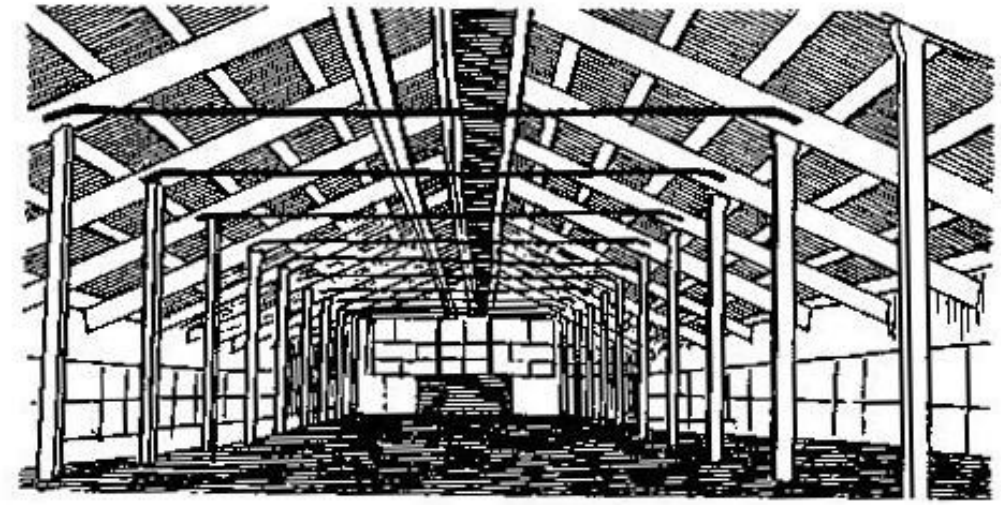


Рис. 3.12. Внутрішній вигляд зерноскладу СЗ-60

Найпоширеніший тип складу СЗ – 60 (ГИ ПЗП, 1959). Склад має розміри 90×24 м, з поперечними трьохпрольотними рамами (6, 12, 6 м.), шаг рам 6 м, покрівля двохскатна з нахилом 25˚ з азбоцементних листів. Всі конструкції залізобетонні збірні. Торцеві стіни

виконуються з цегли, повздовжні споруджуються з панелей. Місткість складу 5500 т. Внутрішній вигляд зерноскладу наведений на рис. 3.12. Передбачена можливість влаштування похилої підлоги в межах середнього прольоту. При цьому місткість складу збільшується до 5900 або 6900 т.

В 1959 р. затверджено типовий проект збірного залізобетонного складу арочного типу (рис. 3.13). Довжина складу 60 м. Збудована невелика кількість таких складів. В цьому ж році Промзернопроект розробив проект складу звідного типу. Склад являє собою хвилеподібний звід кругового контуру, створеного з однакових залізобетонних лотків товщиною 3 см. (рис. 3.14).

З двох сторін лотки обрамлені ребрами. Вага лотка 650 кг.

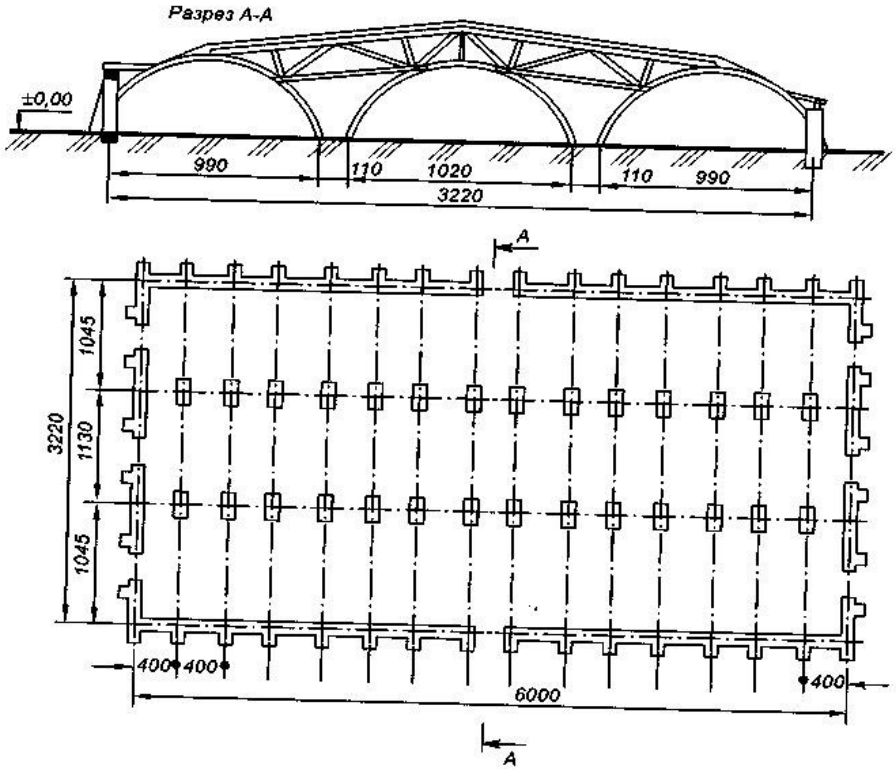


Рис. 3.13. Збірний залізобетонний склад арочного типу

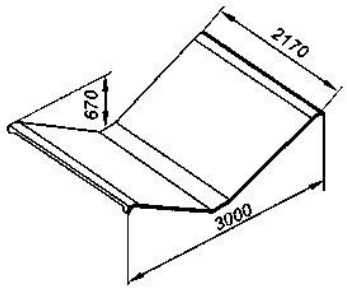


Рис. 3.14. Лоток – елемент звідного складу

Звід встановлюють на залізобетонні фундаментні подушки, котрі шарнірно зв’язані з анкерними плитами, які сприймають навантаження аналогічно плитам збірного зерноскладу каркасної конструкції. Торцеві стіни складу з цегли на бутових фундаментах. Проектом передбачено виконання горизонтальної (див. рис. 3.15) чи похилої підлоги (рис. 3.16). Розміри складу у плані 90×20 м.

Переваги звідного складу в порівнянні зі складами каркасної конструкції:

- значне зниження витрати металу (понад 50% місткості);
- однотипність і транспортабельність елементів;
- відсутність стійок в середині складу, які заважають роботі пересувних механізмів.

Рамно-панельний зерносклад (ГосНИИСреднеазпроект, 1972) показано на рис. 3.17. Проліт складу може бути 9, 12, 15, 18, 21, 24 м. Стіни будівлі монтуються з глухих панелей, панелей з отвором для віконного блоку та спеціальної панелі з отвором для воріт. Покриття виконується з решітчастих панелей, покрівля – з хвилеподібних азбоцементних листів, підсиленого профілю по дерев’яній обрешітці. Панелі стін відрізняються від панелей покриття армуванням.

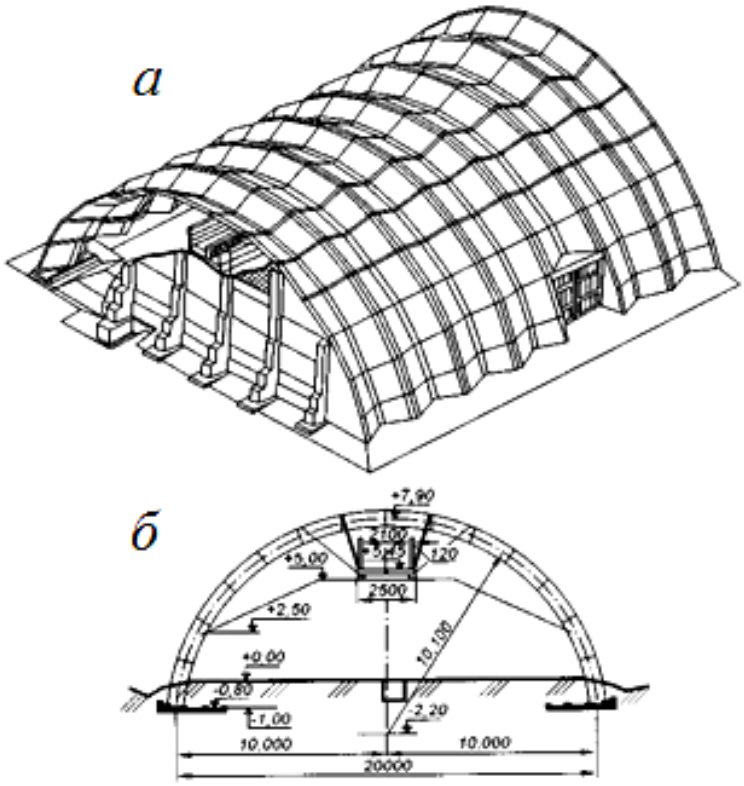


Рис. 3.15. Сводчастий зерносклад з горизонтальною підлогою:
а – перспектива складу; *б* – поперечний розріз

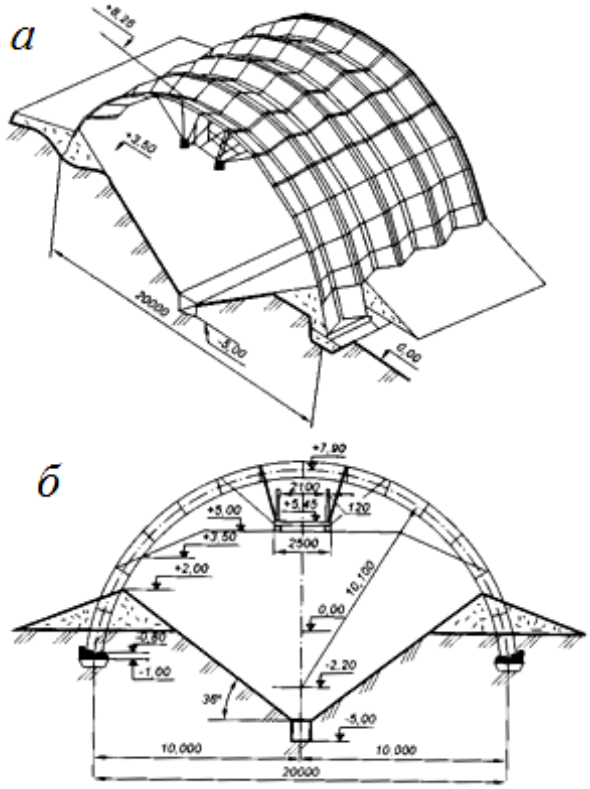


Рис. 3.16. Сводчастий склад з нахиленою підлогою:
а – перспектива складу; *б* – поперечний переріз

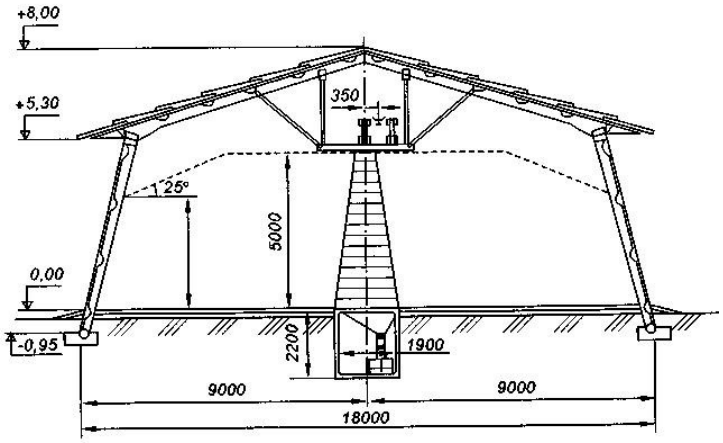


Рис. 3.17. Поперечний розріз зерноскладу рамно-панельної конструкції

Пневматичні склади

Розробив ГИ Промзернопроект. Місткість 4000 та 1800 т.

1. Склад повітренапірної конструкції (рис. 3.18) з прогумованої капронової тканини №24, в торці склади-шлюзи.

2. Склад з несучими пневматичними арками (рис. 3.19), оболонка з капронової тканини №24.

В 1969 рр., а особливо на початку 70-х будівництво зерноскладів стало значно скорочуватись.

З покращенням економіки країни перевагу було надано будівництву елеваторів, доля місткості введених в стрій зерносховищ стала істотно переважати. В зв'язку з цим зерноскладів із збірного залізобетону та складів, побудованих за проектами цих і наступних років, було порівняно мало.

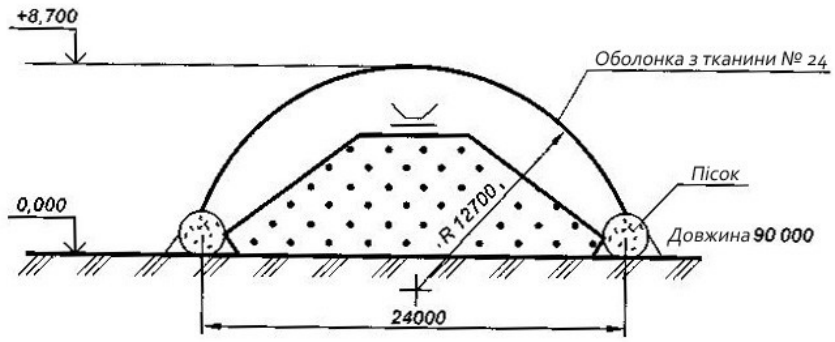


Рис. 3.18. Пневматичний склад повітренапірної конструкції

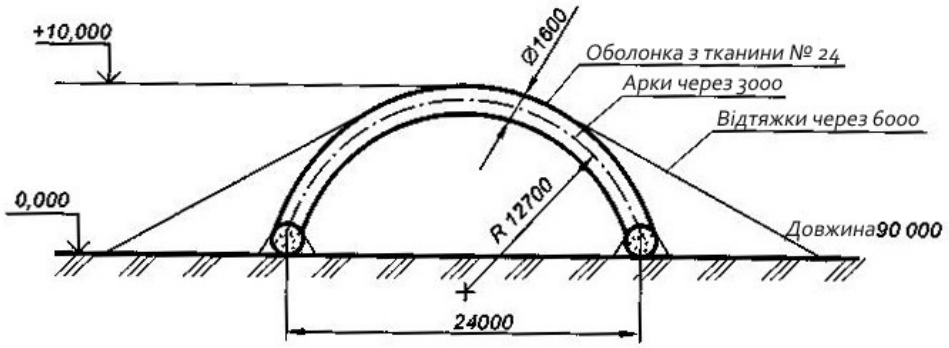


Рис. 3.19. Пневматичний склад з несучими пневматичними арками

З розвитком фермерства в господарствах АПК стали для зберігання зерна зводити зерносховища силосного типу (в основному металеві і незначної місткості) або використовувати для цього

металеві ангари (рис. 3.20), виготовленням яких займаються вітчизняні і закордонні фірми.



Рис. 3.20. Металевий ангар, який використовується в якості складу

3.4. Автоматичні сховища – елеватори

3.4.1. Залізобетонні силоси великої ємності

В останні роки намітилась тенденція будівництва елеваторів великої місткості (150 тис. т і більше), яка викликала зацікавленість до збільшення розмірів силосів.

Розрахунки показали, що силоси великої місткості (діаметром 12 м і більше) мають ряд переваг. Так, силоси діаметром 12 м в порівнянні з силосами діаметром 3-6 м по витраті бетону, трудомісткості робіт і вартості будівництва економічніші на 20 %. Силоси діаметром 18 м – відповідно до 40%.

Отже, з економічної точки зору впровадження залізобетонних силосів великого діаметру вигідно. З технологічної точки зору такі силоси доцільні тільки на тих підприємствах, які приймають і зберігають великі партії зерна однієї якості.

Силоси великої місткості частіше розташовують окремо стоячими. Практикують і блокування їх в силосні корпуси.

Розроблені проекти монолітних залізобетонних силосів діаметром 12, 18 м і значно більших розмірів. Наприклад, в Нікіфоровці Тамбовської області побудований силос діаметром 28 м, висотою 30 м і місткістю 20 тис. тонн. В Семипалатинську побудували в моноліті два силоси діаметром 18 м, місткістю 12,2 тис. тон кожний.

Наприклад, в Німеччині – силоси діаметром 15,5 м з попередньо напруженою арматурою, заанкерованою в пілястрах; в Іспанії (порт

Таррагона) – діаметром 16 м і висотою 41 м; і Великобританії (у м. Фекенгема) – діаметром 33,4 м і висотою 32,9 м; в США (м. Нью-Олбані) – силоси діаметром 20 м і висотою 40 м. силосні корпуси з монолітними силосами діаметром 11-13 м побудовані в США, Австралії і інших країнах. Наприклад, силосний корпус елеватора в м. Фримантле (Австралія) – чотирьохрядний із силосів діаметром 11 м, місткістю кожного – 2720 $м^3$. «Зірочки» між силосами використовують також як ємності.

Рядом фінських і німецьких фірм розроблені проекти елеваторів з силосними корпусами висотою 85,5 м, які складаються із 12 силосів діаметром 12 м, які возведенні в ковзній опалубці від фундаментної плити.

При проектуванні силосних корпусів в нашій країні прийнята уніфікація об'ємно-планіруючих рішень, зокрема:

- сітка розбитих вісів, які проходять через центри залізобетонних зблокованих в силосні корпуса силосів - 3х3, 6х6, 9х9, 12х12 м;
- зовнішній діаметр силосів – 6, 9, 12, 18, 24 м;
- висоти стін силосів, підсилосних і над силосних поверхів кратні 0,6 м.

Конструкція силосів великих діаметрів в збірному вигляді розроблена поки що недостатньо. Практика показала, що збірність їх важковирішувана. Звично маса кільцевого блока, так названого канелюрного типу, більше 15 т. Побудовані експериментальні збірні силоси із блоків масою біля 25 т в Мінеральних Водах (Росія). Збирали ці блоки на корпусі із окремих елементів, так як збірний на площадці блок підняти виявилось неможливим.

Залізобетонні силоси діаметром 12 м

ЦНИИ Промзернопроект в 1970 р. розробив декілька варіантів конструкцій окремо стоячих силосів діаметром 12 м і висотою 37 м. (рис. 3.21).

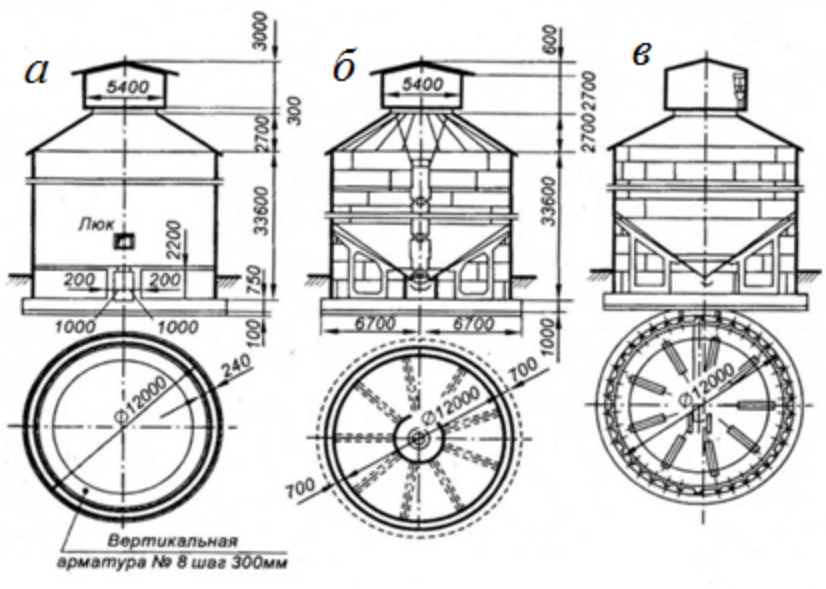


Рис. 3.21. Варіанти конструкцій залізобетонних силосів діаметром 12 м

а – силос з монолітними стінами; *б* – зі стінами із збірних криволінійних частин; *в* – зі стінами із ребристих частин

У всіх варіантах фундаменти прийняті у виді суцільної круглої монолітної залізобетонної плити. Конструкції стін пропоновані із монолітного і збірного залізобетону. Днище запроектоване в 3 варіантах (похиле, плоске і вібраційне). Покриття для всіх варіантів силосів запроектовано у виді конусного купола.

Стіни силосів. Стіни із монолітного залізобетону (див. рис. 3.21, *а*). Монолітні стіни товщиною 240 мм споруджують з використанням пересувної опалубки, починаючи від фундаментної плити.

В силосі без труби стіни армують подвійною арматурою із стрижнів діаметром 12-16 мм через 130 мм по висоті. В силосі з трубою арматура встановлюється на відстані 250 мм. Вертикальна арматура використовується у вигляді подвійних стрижнів діаметром 12 мм, при відстані 300 мм, які з’єднані поперечними зв’язками через один стрижень. Використовують бетон марки 200.

Монолітний силос може виконуватись в уніфікованій пересувній опалубці з металічними або деревометалічними щитами. Долівка і підміст виконуються у вигляді кільцевої конструкції. Для піднімання використовується збірно-розбірна сталева драбина.

При будівництві окремо стоячих силосів один комплект опалубки можна використовувати на одному будмайданчику до 10 разів, а пересувну опалубку розбирати і збирати великими блоками за допомогою башенного крану, який застосовують для подання матеріалів.

Збірні залізобетонні стіни. Розроблено два варіанти збірних залізобетонних стін силосу: із ребристих елементів, із звичайним армуванням та із криволінійних попередньо-напружених (напряжених) (див. рис. 3.21, *б*). Довжина елементів прийнята рівною 1/6 периметру стін силосу (6,3 м), висота – 1,2 м.

Ребристий елемент має багатогранну форму в плані, утворюючи при збірці 36-гранне кільце. Висота горизонтального ребра – 350 мм, вертикального – 200 мм, товщина стінки – 60 мм. Ребра розташовані зовні силосу, внутрішня поверхня гладенька, використовують бетон марки 300. Елементи армовані зварними каркасами і сітками. Основна робоча арматура в горизонтальних ребрах прийнята із стрижнів діаметром 36 мм для варіанта без розвантажувальної труби і діаметром 26 мм у випадку її застосування. Стик елементів здійснюється за допомогою зварювання випускної арматури.

Криволінійний попередньо напружений елемент прийнятий товщиною 150 мм. Бетон марки 300. Основна робоча арматура із 10 стрижнів діаметром 12 мм напружується при виготовленні елемента електротермічним методом.

З'єднання криволінійних елементів в кільце здійснюється за допомогою болтів, які встановлюють в суміжні стикові коробки. Можуть бути і інші варіанти сполучення:

- за допомогою зварювання випусків арматури;
- петльовим стиком;
- стиком з з'єднаними муфтами при випуску арматури з нарізкою.

При всіх варіантах збірні елементи встановлюють в стіні з перев'язкою вертикальних стиків (кожний стик вище розташованого елемента зсунутий від нижнього на третину його довжини).

Всі вертикальні стики замонолічують бетоном марки 200 на мілкому щебені. Горизонтальні шви заповнюють цементовим розчином марки 200. Для створення більш надійних швів у верхній і

нижній площинах елементів вбудовані пази, які заповнюють розчином шва.

Розвантажувальну трубу при всіх варіантах стін встановлюють після монтажу останніх зі зборкою із окремих ланок. До монтажу купола трубу тимчасово розкріплюють до стінок силосу.

Днища силосів. Похиле днище (див. рис. 3.21., *б, в*) на фундаментній плиті радіально встановлюють на дев'ять збірних залізобетонних опір, які представляють собою рами з похилими верхніми ригелями з консоллю. Кут нахилу ригелю - 36°. По опірним рамам вкладають збірні залізобетонні плити трапецевидної форми товщиною 100 мм в нижній частині і 300 мм – у верхній. По консолям рам монтують стальні конусні воронки діаметром 3 м. Шви між плитами і стінами силосу замонолічують цементним розчином. Вивантажується зерно самопливом.

Плоске днище (рис. 3.22). Прохідна конвеєрна галерея розташовується над фундаментною плитою із монолітного залізобетону.

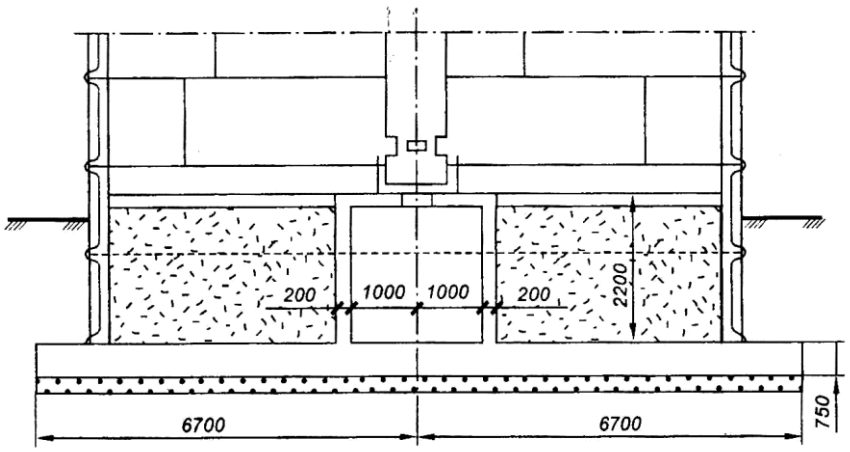


Рис. 3.22. Плоске днище

Випуск зерна на конвеєр здійснюється через центральну випускну воронку, потім через чотири додаткові воронки, які розташовані по вісі галереї. Залишок зерна (100–120 т) розвантажують із силосу за допомогою пневматичного перевантажника.

Проникнення в силос для роботи з всмоктуючим соплом передбачено через лазовий люк в стіні будівлі. Місткість силосу при похилому днищі найбільша.

Вібраційне днище (рис. 3.23). На фундаментній плиті встановлюють радіально 18 опір з нахилом верхнього ригеля в 8°. По ригелям розташовують металеві балки, по яким на пружинних опорах монтують металічні щити з закріпленими знизу знімальними або стаціонарними вібраторами. Основна маса зерна випускається самовпливом. Для видалення його залишків включають вібратори, під дією яких зерно зсипають у випускну воронку.

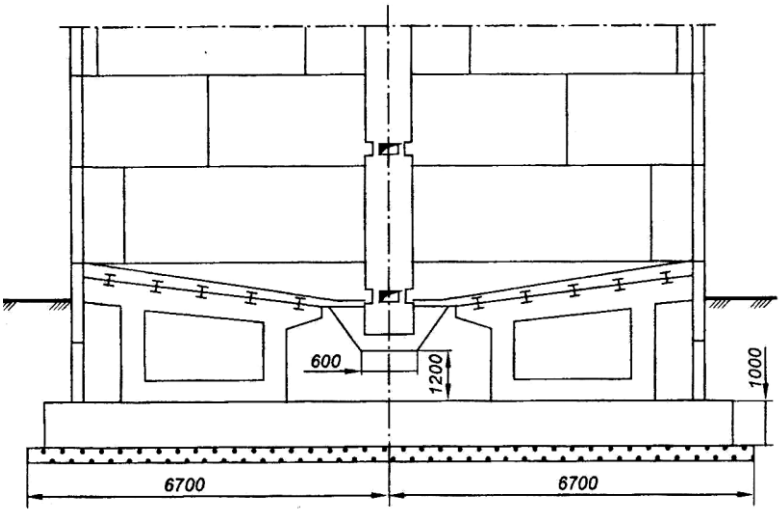


Рис. 3.23. Вібраційне днище

Покриття силосів. Покриття для всіх варіантів силосів запроектовано у виді конусного купола. Несучими конструкціями є стальний каркас із похилих балок-стропил, а також нижнього і верхнього опірних кілець. По похилих балках вкладають плоскі збірні залізобетонні плити трапецевидної форми. Крівля – рулонна.

Розвантажувальна труба. Для всіх варіантів силосів розвантажувальна труба однакова. Діаметр її – 1020 мм з товщиною стінок 5 мм. Через кожні 2,4 м по висоті передбачено по чотири отвори, через які зерно може стікати всередині труби.

Зверху труба підвішується до конструкції купола, внизу входить у розвантажувальну воронку таким чином, щоб виключати можливість витікання зерна в воронку, минаючи трубу.

З'єднувальна галерея. Для зв'язку силосів один з одним і з елеватором слугують верхні конвеєрні галереї. Несучі конструкції їх –

стальні просторові ферми. Обшивка стін і покрівля із азбестоцементових листів посиленого або уніфікованого профілю, підлога – із збірних залізобетонних плит. Габарити і відмітка верхньої галереї прийняті з врахуванням можливості проходу розвантажувального візка з надсилосної галереї силосного корпусу елеватора.

Силоси із панелей-оболонок діаметром 12 м

Харківський НДІ Промстройпроект і НДІЗБ розробив проект силосного корпусу з силосами канелюрного типу діаметром 12 м (див. рис. 3.24).

Стіни такої будівлі монтують із кілець-царг, кожне із яких збирають на спеціальному стенді із 24-попередньо-напружених панелей-оболонок розміром 1,5х2,4 м і товщиною 40 мм. Вони мають форму циліндричної оболонки, у яких випуклість направлена в середину силоса і оторочені вертикальними ребрами і горизонтальними діафрагмами.

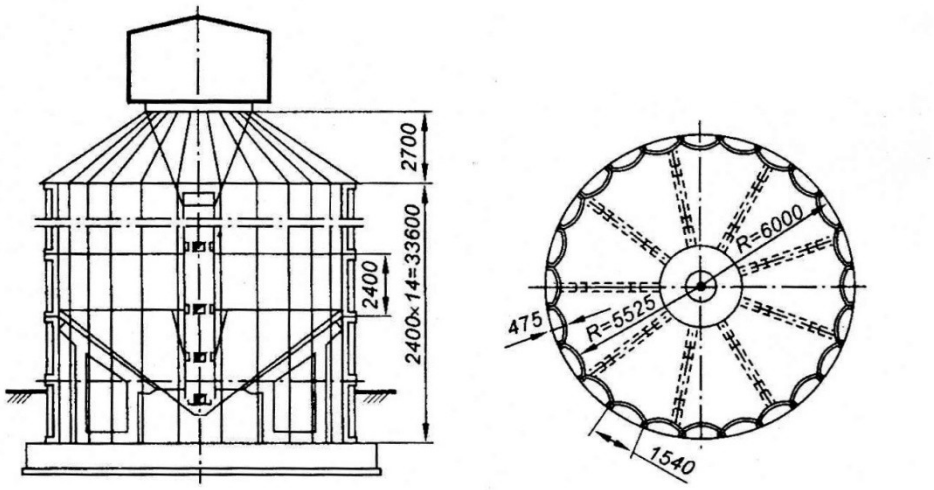


Рис. 3.24. Силос діаметром 12 м з завчасно напружених панелей оболонок

В пази діафрагм при укрупненій збірці в царги вкладається кільцева арматура із семипроволочних високоміцних жмутів, потім за допомогою гідравлічної установки арматура отримує напруженість, а стики замонолічуються.

Така конструкція забезпечує найбільш раціональне використання матеріалів: панелі-оболонки працюють в основному на стисненні і армуються конструктивно; розтягуючі зусилля від тиску зерна сприймаються високоміцною арматурою.

Внаслідок всього цього витрати бетону і сталі мінімальні в порівнянні з іншими варіантами залізобетонних силосів.

По трудомісткості і вартості вони знаходяться на рівні інших прогресивних рішень. Застосування цієї конструкції обмежується складністю збільшувального збирання (збірки) на будмайданчику, потребою по цій причині в спеціалістах високої кваліфікації і монтажних кранах великої вантажопідйомності (25 т).

Інші конструктивні рішення силосів великої місткості із збірного залізобетону

Накопичений досвід проектування і будівництва дозволив створити силоси діаметром 6 – 18 м уніфікованого конструктивного рішення. Різноманітні по геометричним параметрам, вони мають єдину технологію заводського виробництва і аналогічні стикові поєднання.

Конструктивне рішення стін і їх елементів, яке прийняте для силосів діаметром 6 м, застосовується для силосів любого діаметра. Різниця тільки в розмірах. Так, наприклад, сотні силосів діаметром 18 м, монтують із окремо попередньо напружених криволінійних елементів довжиною 6,96 м, висотою 1,78 м, при товщині стіни в 140 мм. Для силосів діаметром 18 м збільшено число канатної арматури, дещо змінився переріз призм-упорів, посилені анкеруючі стержні.

Принципові схеми компоновки силосних корпусів і конфігурація окремих чарунок збірної конструкції мало відрізняються від монолітної. Силоси проектують окремо стоячими або скомпонованими по 2 – 4 в одному блоці (див. рис. 3.25), причому силоси відділені по всій висоті, включаючи фундаменти, деформаційними швами.

При будівництві силосних корпусів з круглими силосами певні ускладнення викликає облаштування стикових з’єднань між силосами. Для ліквідування в цьому випадку монолітних і зварювальних робіт запропоновано рішення 12-граних силосів із чотирьох криволінійних

елементів, які мають всередині циліндричну поверхню, зовні – полігональну. При монтажі силосів в цьому випадку кільця стикують між собою гранями , а шов між ними після виконання болтового з'єднання заповнюють розчином.

Підсилосні поверхи силосів діаметром 12 м і більше мають подібне об'ємно-планувальне рішення. На рис. 3.25 представлено силос діаметром 18 м.

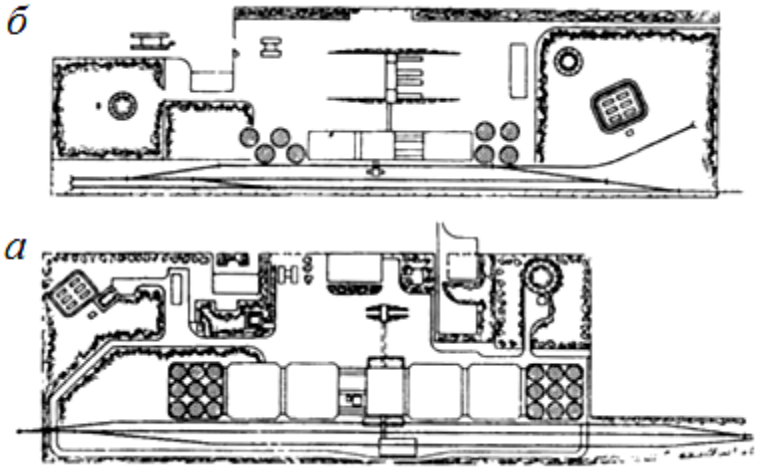


Рис. 3.25. Можливі варіанти схем розташування силосів великого діаметру

Фундамент такого окремо стоячого силосу виконаний із монолітного залізобетону у вигляді кільцевої балки таврового перерізу. Для розвантаження зерна по вісі силосу влаштовують підсилосну галерею перерізом 2×2 м, яку збирають із об'ємних залізобетонних елементів з стінами довжиною 1,2 м і товщиною 200 мм.

В пошуках ефективного планування силосів з розмірами 3×3 м в плані було знайдено рішення такої схеми встановлення збірних елементів, при якій утворюються силоси великої місткості з внутрішніми решітчастими стінами, які розділяють силос на окремі чарунки, розміром 3×3 м. Розроблені схеми (див. рис. 3.26) дозволяють в силосних корпусах передбачати укрупнювальні (збільшені) силоси з розмірами 3×9, 6×9, 9×9 і 9×12 м. Таке рішення

дає можливість зменшити витрати бетону і сталі на 15-20 % в результаті зменшення об'єму залізобетону, з'єднувальних болтів і технологічного обладнання.

Розроблені схеми силосних корпусів із залізобетонних оболонок, в яких оболонки являються ємностями малого об'єму, які одночасно виконують стінами силосів великої місткості (див. рис. 3.27).

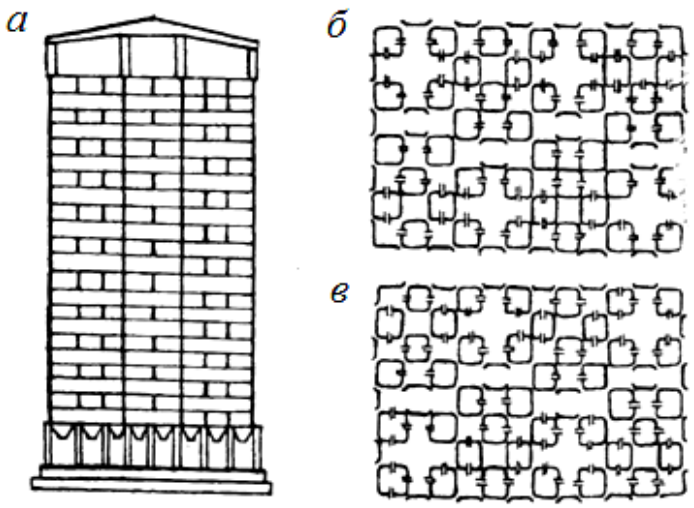


Рис. 3.26. Силосний корпус з ефективним плануванням силосів

а – поперечний переріз; *б, в* – розстановка елементів в парних і непарних рядах

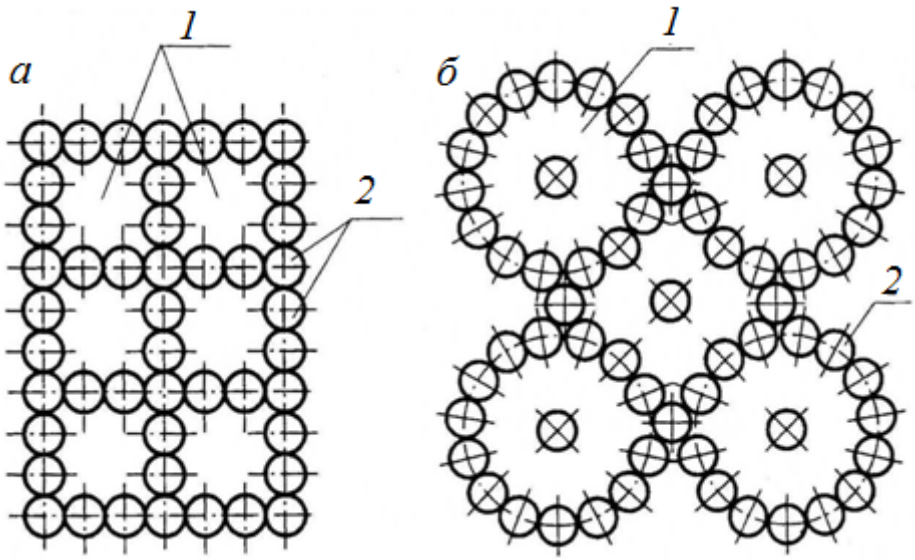


Рис. 3.27. Схеми силосних корпусів із залізобетонних оболонок

а – корпус прямокутної форми; *б* – корпус циліндричної форми; *1* – силоси великої ємкості

Оболонки діаметром до 2 м виготовлюють центрифугуванням, більше 2 м – віброформуванням. Довжина оболонок – до 6 м.

При монтажі стін силосів із залізобетонних двохгранних, х-іксових і плоских елементів одержують поєднання силосів восьмигранних, квадратних або зіркових. Схеми ефективного планування таких силосів дозволяють в силосних корпусах утворювати і укрупнені силоси складного перерізу.

3.4.2. Залізобетонні елеватори

Елеваторні мережі в нас на Україні в основному представлені залізобетонними елеваторами. Розроблені десятки проектів різних типів елеваторів. Різноманітність конструктивних рішень елеваторів визначається багатьма факторами: функціональним призначенням елеваторів (хлібоприймальні, виробничі та ін.), місткістю, економічними можливостями, способом спорудження, культурою зерна, районом будови і ін.

Так, наприклад, варіант компоновки основних споруд елеватора і конструктивне виконання здебільшого залежить від функціонального призначення елеватора. Хлібоприймальні елеватори, як правило, двокрилі, виробничі – однокрилі. На комбінатах хлібопродуктів застосовують в основному двокрилі елеватори. Робочі споруди таких елеваторів поєднують властивості, які відповідають робочим будівлям хлібоприймальних і виробничих елеваторів. Однак, це ускладнює їх об'ємно-планувальні рішення.

В робочих спорудах хлібоприймальних елеваторів великого об’єму займають оперативні силоси і бункери. На розміри елеваторів впливає їх місткість, яка в свою чергу залежить від багатьох обставин. На спосіб спорудження – в зсувній опалубці (монолітній конструкції) або із збірних елементів – впливає район побудови та інші фактори.

Монолітні елеватори доцільно будувати в сейсмічних районах і при великій віддаленості від заводів збірних залізобетонних конструкцій. Поштовхом до побудови зі збірних елементів послужило освоєння цілинних і перелогових земель, коли необхідно в короткі строки створити умови для надійного збереження стрімко збільшеного об'єму заготівельного зерна. Спочатку із збірного залізобетонну будували тільки силосні корпуси. Потім із збірного залізобетону почали будувати і робочі вежі. В 1960-1970 рр. економічні можливості країни дозволили перейти до масового будівництва елеваторів. До 1980 р. приріст елеваторної місткості проходив в основному за рахунок будівництва повнозбірних елеваторів, рівень збірності яких досяг 85%.

Ці та інші обставини покладені в техніко-економічне обґрунтування необхідності будівництва визначених типів елеваторів, з якими можна познайомитися, якщо звернутись до відповідних проектів.

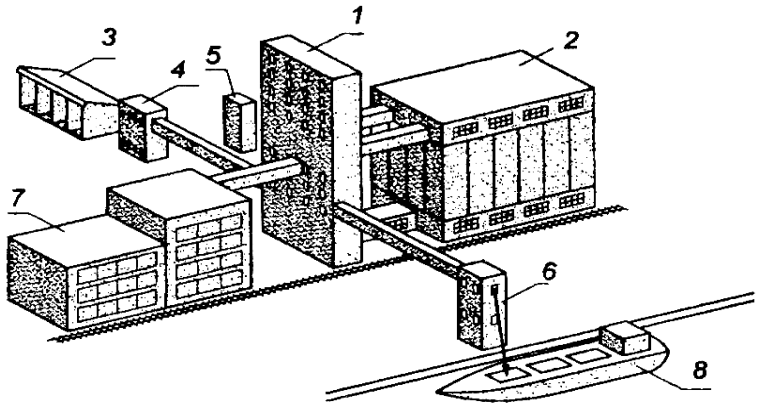


Рис. 3.28. Варіант прив'язки основних споруд елеватора

1 – робочий корпус (РК); *2* – силосний корпус (СК); *3* – пристрій прийому з автотранспорту; *4* – зерносушарка; *5* – цех (склад) відходів; *6* – пристрій відпуску на водний транспорт; *7* – млинзавод зі складом готової продукції; *8* – судно

Робочий корпус

Робочий корпус являється центром елеватора, до якого прив'язані інші споруди і облаштування. В робочій споруді розташовані основні

норії і технологічне обладнання. Підсилосні і приймальні конвеєри переважно (винятком можуть бути приймальні конвеєри, які розташовані в надземних транспортних галереях) входять в робочу споруду.

Надсилосні і відпускні конвеєри виходять із робочого корпусу. В робочому корпусі оперативні бункери розташовують над і під зерноочисними машинами, над і під сушарками (якщо вони розташовані в корпусі). Можуть бути вмонтовані накопичувальні оперативні бункери (для формування значних партій) і бункери відпускні. У випадку встановлення ковшових (елеваторних) вагів передбачається надвагові бункери. Призначення бункерів – забезпечити автономну (на деякий період без участі норії) роботу технологічного і відпускного обладнання.

Для розподілу зерна по схемах маршрутів окремих операцій виробничого процесу застосовують поворотні труби.

В залежності від конструктивного рішення, функціонального призначення елеватора і конкретно вирішених задач число етапів в робочому корпусі може бути різним. Висота робочого корпусу досить велика – 50-70 см.

Робочий корпус може бути окремо стоячим, який встановлений на власній фундаментній плиті, і зблокованим з силосом корпусом (рис. 3.30). Перший варіант найбільш розповсюджений. Переваги його: менші затрати часу, праці і бетону на зведення. Переваги другого варіанту: велика стійкість проти горизонтальних сейсмічних сил і менша напруга в основі фундаментної плити.

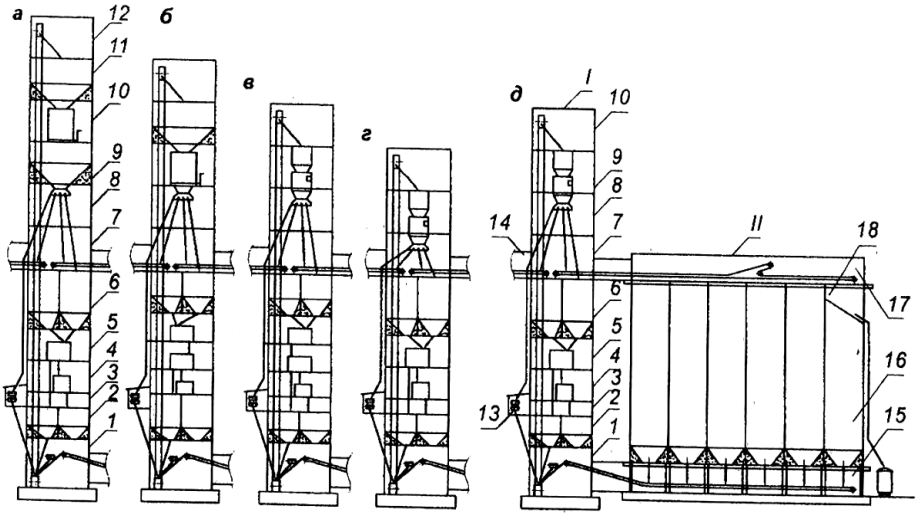


Рис. 3.29 Принциповий пристрій елеватора

I – робоча будівля; *II* – силосний корпус; *а, б, в, г, д* – варіанти РБ з різною кількістю поверхів; *1* – поверх башмаків норій; *2* – поверх під сепараторних бункерів; *3* – додатковий технологічний поверх; *4* – поверх контрольних сепараторів; *5* – поверх основних сепараторів; *6* – поверх над сепараторних бункерів; *7* – поверх розподільних самопливів; *8* – поверх поворотних труб; *9* – поверх надвагових бункерів; *10* – ваговий поверх; *11* – поверх над вагових бункерів; *12* – поверх головок норій; *13* – транспортерна галерея на воду з приймальними і відпускними конвеєрами; *14* – транспортерна галерея з конвеєром відпуску на виробництво; *15* – підсилосний поверх; *16* – силоси; *17* – надсилосний поверх; *18* - бункер відпуску

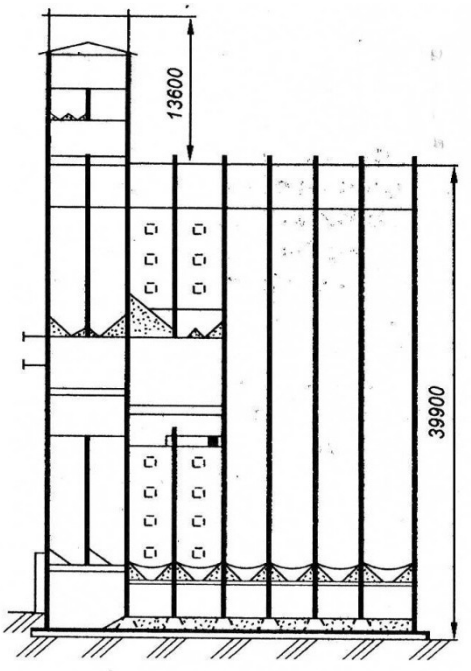


Рис. 3.30. Елеватор з робочою вежею і силосним корпусом, спорудженими на спільній плиті

По приведеним рисункам можна одержати достатнє уявлення про конструкції робочих корпусів монолітного виконання.

Робочі споруди елеваторів збірної конструкції. Вперше робочу споруду зі збірного залізобетону було побудовано в 1965 р. на станції Спицевка Ставропольського краю (рис. 3.31). Ця споруда силосного типу, в якій частина силосів по висоті будови переривається, утворюючі виробничі приміщення. В силосній частині будови розміщується сходова клітка з ліфтом, розподільчі пункти. Вище надсилосного перекриття вбудована каркасна надстройка для установки головок норій, ваг, поворотних труб.

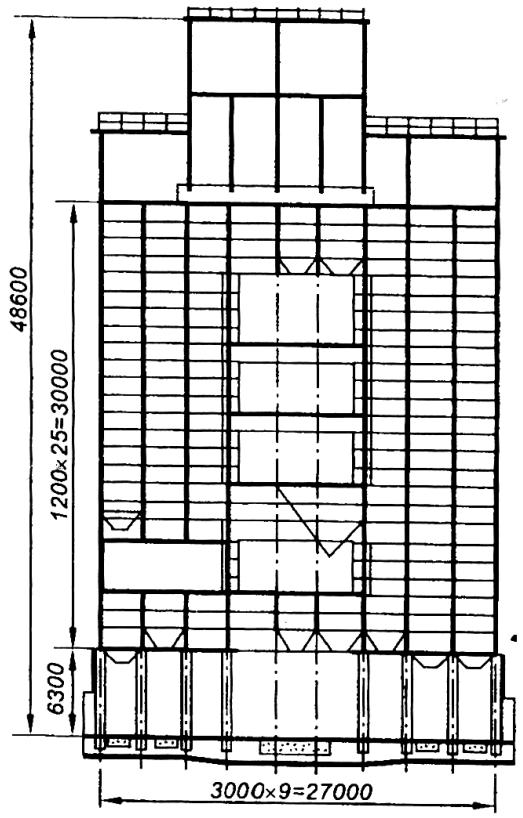


Рис. 3.30. Робоча вежа збірної конструкції (ст.Спицевка Ставропольського краю)

В наступних типових проектах конструктивна схема робочої споруди і основні об'ємно-планувальні рішення були збереженні. Змінювалися розміри споруди в плані і по висоті, удосконалювались рішення окремих елементів і вузлів. Робочі споруди запроектовані з використанням одних і тих же збірних деталей, головним чином об'ємних елементів 3×3 м, і мають наступні переваги:

- основні деталі збірні: об'ємні елементи, колони, воронки тощо, складові становлять приблизно 90 % всього збірного залізобетону, застосовують ті ж, що і в силосних корпусах типу СКС-3;
- збірні елементи, як і в корпусах СКС-3, з'єднані за допомогою болтів;
- єдина технологія при монтажі робочої споруди і силосних корпусів, однакові оснащення і монтажні пристосування.

Робоча споруда каркасної конструкції передбачена на елеваторах при млинах на високопродуктивному обладнанні. Конструктивне рішення таких споруд показано на рис. 3.32.

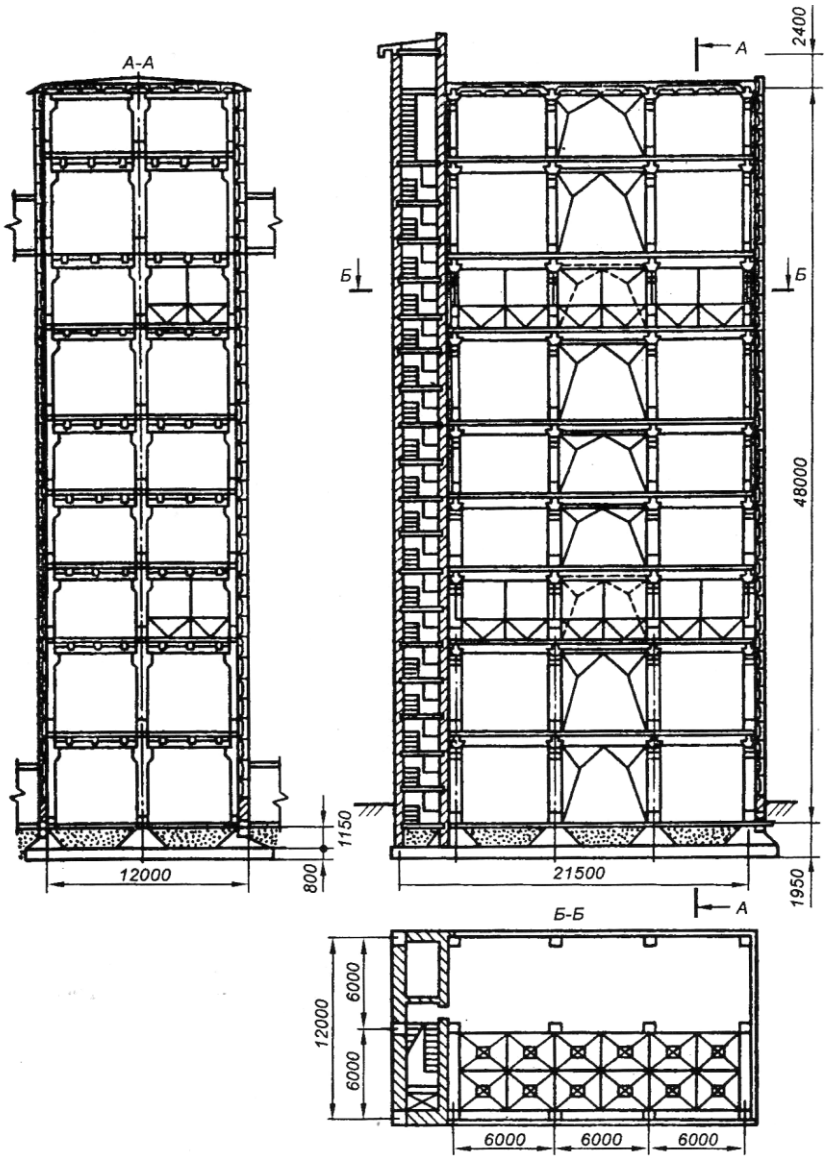


Рис. 3.32. Робоча споруда каркасного типу

Робоча споруда каркасної конструкції запроектована і в повнозбірних елеваторах ЛСК. Перевагою такої робочої споруди є можливість зручного розташування технологічного обладнання. По конструкції вона аналогічна споруді млина, що спрощує організацію будівництва.

Пошуки оптимальних об’ємно-спланованих рішень призвели до розробки проекту безвежевого елеватора (рис. 3.33). Замість звичайної робочої споруди запроектована триповерхова приймально-очищувальна вежа (на рис. 3.33 показана на передньому плані). У вежі передбачено пристрій прийому з автомобільного транспорту на чотири проїзди, розташовані сепаратори і ворохоочисники, автоматичні ваги, вбудована трансформаторна підстанція, розподільчий пункт і диспетчерська. Дві норії встановлені в торці силосного корпусу з розташуванням головок норій в надбудові силосного корпусу, башмаків – у підвальному поверсі. Дві зерносушарки розташовані між силосними корпусами.

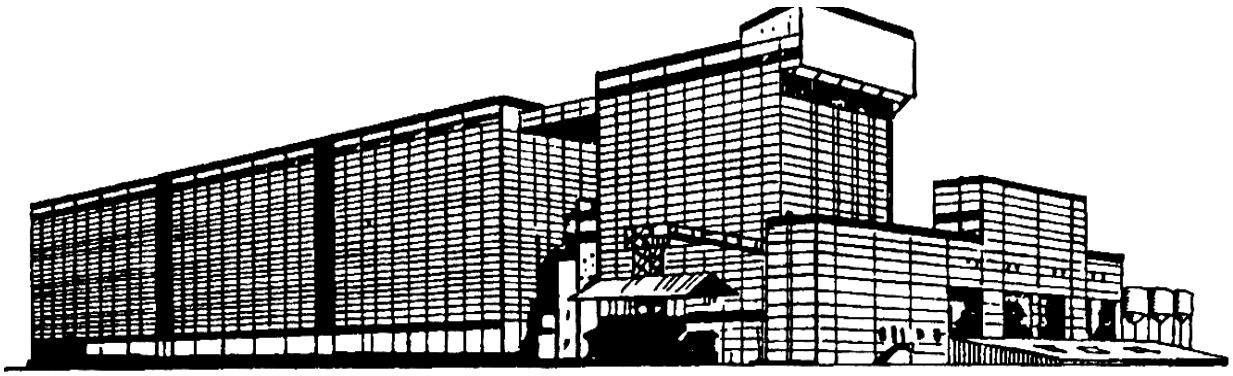


Рис. 3.33. Елеватор безвежевого типу

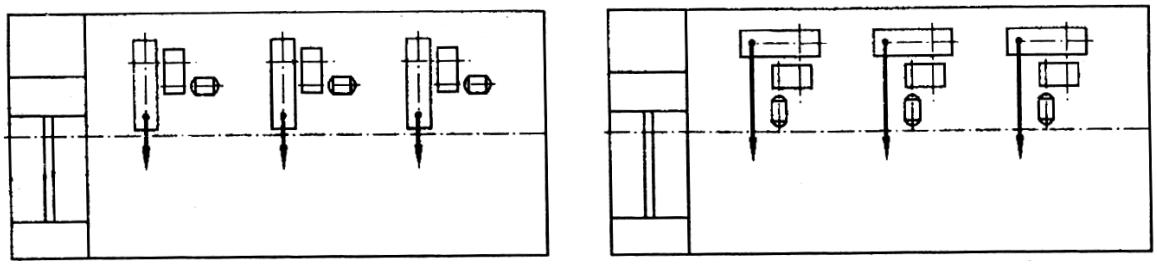
Особливості розміщення технологічного і транспортуючого обладнання

Норії. В робочій будівлі елеватору максимально використовується принцип руху зерна самопливом. Підняте норіями вгору зерно самопливом проходить ланцюг технологічного обладнання (яке забезпечує відповідну обробку зерна), завантажується в оперативні бункери, потім надходить на надсилосні і відпускні конвеєри. Норії можуть бути універсальними, які приймають участь у виконанні усіх або майже усіх операцій із зерном. Можуть бути спеціалізованими, які виконують конкретну операцію (норії приймальні, сушильні, відпускні і інші). Найчастіше в робочому приміщенні встановлені універсальні норії. Їх називають основними.

Переваги таких норій – невелика кількість (частіше від 2 до 5), висока ступінь використання. В основному башмаки головних норій встановлені на нижньому поверсі. Норійні труби проходять через всі поверхи, а також можливе прокладання і через бункери. Норійні труби норій продуктивністю 350 т/год і вище в бункерах повинні бути ізольовані від контакту із зерном, так як вони менш жорсткі і можуть бути деформовані зерном. Труби цих норій повинні проходить поза бункерами або через бункери в спеціальних шахтах.

Може бути два варіанти розміщення норій (рис. 3.34):

- *1 варіант* – вісь привідного барабану головок норій розташовано паралельно повздовжньої осі робочої споруди;
- *2 варіант* – вісь привідного барабану головок норій розташовані перпендикулярно повздовжньої вісі споруди.



1 варіант *2 варіант*

Рис. 3.34. Варіанти розміщення норій

По першому варіанту розташування норії продуктивністю 350 т/год і вище, по другому варіанту – норії продуктивністю 250 т/год і нижче.

Переваги першого варіанту – прямий самоплив на ваги і, відповідно, буде менше його зношення.

Недолік – загромадження поверхів норійними трубами (втрата корисної площі і збільшення будівельного об’єму).

Переваги другого варіанту – менше загромадження поверхів норійними трубами. *Недолік* – велике зношення самопливу, так як він повернутий на 90°.

Ваги розташовують таким чином, щоб норії подавали зерно тільки на них. В цьому випадку зважування зерна забезпечується на всіх операціях.

Труби поворотні встановлюють під ваговими бункерами.

Зерноочисне обладнання в залежності від призначення елеватора може бути представлено різними машинами.

Скальператори (ворохоочисники) призначені для попереднього очищення зерна (вороху). Можуть розташовуватись в пристрої прийому з автотранспорту або в робочому корпусі над надсепараторними бункерами або над основними сепараторами.

Основні сепаратори призначені для основного очищення зерна. Працюють вони в комплексі з над- і підсепараторними бункерами, ємність яких повинна забезпечувати автономну роботу сепараторів на протязі 2-3 годин. На кожний основний сепаратор повинно припадати не менше двох таких бункерів. Для бункерів використовують площу одного поверху. В робочому корпусі монолітної конструкції в поперечному перерізі вони займають всю площу корпусу.

В основному очищенні на виробничих елеваторах в залежності від культури можуть бути використані пневмосепаратори, каменевідбірники, сепаратори для розділення зерна на фракції, пневмосепаруючі столи та інше обладнання. Для їх розміщення передбачаються окремі поверхи або їх розміщують на поверсі основних сепараторів і поверсі контрольних сепараторів. В робочому корпусі виробничого елеватора може бути запроектовано підготовче відділення для переробного підприємства. Для контролю відходів, які відбираються на основних сепараторах, з метою виділення із них придатного (повноцінного) або корисного (для фуражних та інших цілей) зерна в робочому корпусі можуть бути передбачені контрольні сепаратори. Їх встановлюють на поверсі під основними сепараторами. На цьому поверсі можуть бути розміщені і трієри. При великій кількості трієрів для них передбачають окремий поверх (в проектах елеваторів для східних районів).

Силосні корпуси

Силосний корпус призначений для зберігання зерна. Він складається із трьох основних частин: нижнього (підсилосного)

поверху, верхнього (надсилосного) поверху і силосів для зберігання зерна (рис. 3.29).

Залізобетонні силоси можуть бути монолітними і збірними. В більшості випадків силоси споруджуються на підсилосній плиті. Підсилосна плита встановлюється на колонах, які влаштовуються на фундаментній плиті. Колони розташовують рядами в місцях торкання силосів таким чином, щоб кожний силос через під силосну плиту опирався на чотири колони. Простір між фундаментною плитою і підсилосною, огороджений по зовнішнім колонам стінами (із цегли або залізобетонних панелей), утворює підсилосний поверх.

На підсилосному поверсі встановлюють конвеєри (підсилосні) для завантаження зерна із силосів з передачею його в башмаки основних норій.

Монолітні силоси можуть встановлюватися безпосередньо на фундаментній плиті (рис. 3.35). В цьому випадку в нижній частині силосів обладнують пройоми для вікон, дверей, проходів і встановлення підсилосних конвеєрів. При такій конструкції погіршуються санітарно-гігієнічні умови для працюючих (скупченість, недостатнє природне освітлення, сирість в приміщенні). Очевидні і переваги: спрощується пристрій підсилосного поверху, за рахунок чого мають місце при будівництві великі переваги в часі.

Силоси в поперечному перерізі можуть мати різноманітну форму: круглу, квадратну, прямокутну, ромбовидну, багатокутну (трикутну, п’ятикутну, шестикутну, восьмикутну), зіркоподібну і складного геометричного перерізу. В силосних корпусах вони утворюють поєднання, і досить складне, різне по формі чарунок. Наприклад, чотири суміжних круглих силоси утворюють так звану зірочку, яку також використовують як ємність для зберігання зерна; між восьмигранними силосами утворюються квадратні силоси меншої ємності та ін.

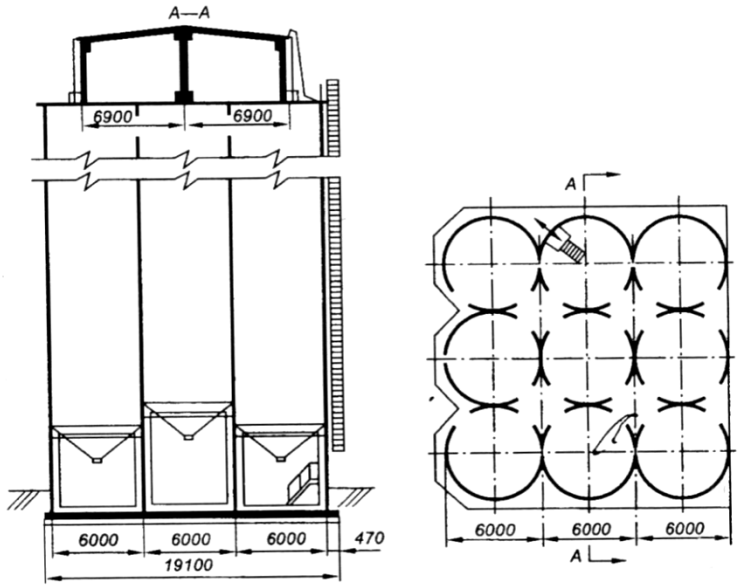


Рис. 3.35. Силосний корпус елеватора ЛВ-4×175 з підсилосним поверхом, що утворений стінами, які спираються на фундамент та збірною надсилосною галереєю

В плані силоси можуть бути круглими – діаметром 5-12 м і більше, квадратні – звичайно 3,0×3,0; 4,0×4,0 м. Різноманітність форм і розмірів чарунок пояснюється пошуками економічного варіанту силосного корпуса з високим ступенем використання ємності за рахунок наявності в ньому різних типорозмірів чарунок.

Найбільш розповсюдженими в країні є силоси діаметром 6 м і розмірами в плані 3×3 м. Типова висота силосу 30 м. На підґрунті із гірських порід вона може бути збільшена (до 40 м).

Через температурний вплив довжина силосного корпусу не повинна перевищувати 80 м. По будівельним нормам, коли розміри силосного корпусу практично не впливають на питому витрату матеріалу, слід дотримуватися наступних рекомендацій:

$$\frac{L_{СК}}{Ш} \text{ або } \frac{L_{СК}}{H} \leq 2, \qquad (3.1)$$

де $L_{СК}$ – довжина силосного корпусу, м;

Ш – ширина силосного корпусу, м;

Н – висота силосів, м

$$l < \frac{m}{n} < 2, \qquad (3.2)$$

де m – число чарунок в силосному корпусі в поздовжньому направленні;

n – число чарунок в поперечному напрямку (число рядів)

Число рядів силосів ув'язують з кількістю надсилосних конвеєрів, необхідних за розрахунками. При цьому враховують, що кожний конвеєр може обслуговувати два ряди силосів.

Силосні корпуси монолітної конструкції

Після впровадження залізобетону в будівництві елеваторних споруд багато років будували елеватори виключно монолітної конструкції. Було розроблено і реалізовано велику кількість проектів таких елеваторів. Конструкції силосних корпусів в монолітному виконанні можна одержати з наступних сучасних проектів:

- СКМ-6 (рис. 3.36). Силоси діаметром 6 м. Колони, балки, плити і стіни підсилосного і надсилосного поверхів – із збірного залізобетону такі, що і в збірних корпусах СКС-6. Фундаментна плита – монолітна або збірно-монолітна.
- СКМФ-6-18 і СКМФ-6-48 (рис. 3.37). Стіни силосів споруджуються від фундаментної плити. Діаметр силосу 6 м;
- СКМФ-9-15 (рис. 3.38). По конструкції він аналогічний корпусу СКМФ-6-18. Діаметр силосу 9 м. Звичайно в монолітних силосних корпусах товщину стінок для зовнішніх силосів приймають 180 мм, а для внутрішніх – 160 мм. Переріз монолітних колон в підсилоснім поверсі – 900×900 мм. Товщина підсилосної плити – 250-300 мм, надсилосної – 150-200 мм. Для сейсмічних районів застосовують силосні корпуси із силосів квадратного перерізу 3,2×3,2 і 4×4 м. В цих силосах товщина стінок рівна 150 мм.

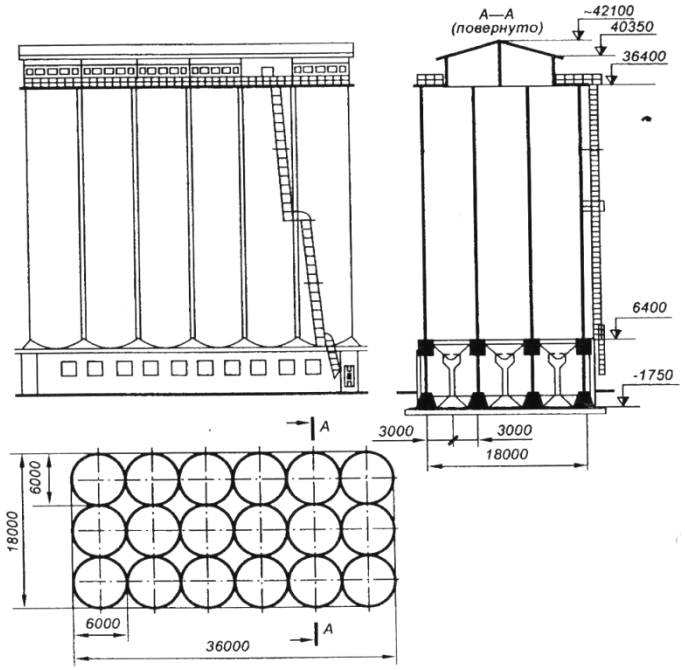


Рис. 3.36. Схема силосного корпусу СКМ з монолітних силосів діаметром 6м

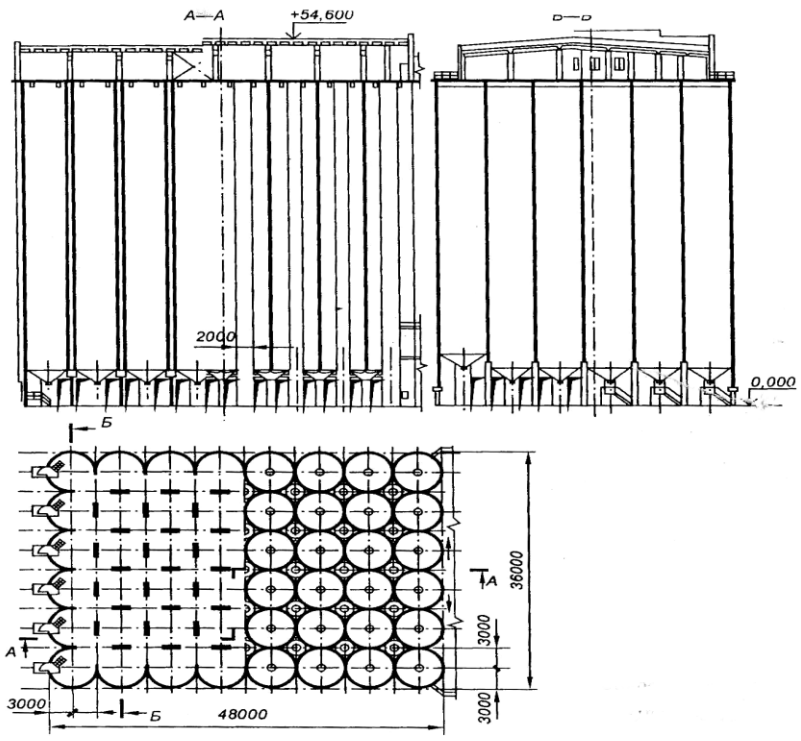


Рис. 3.37. Силосний корпус монолітний СКМФ-6-48

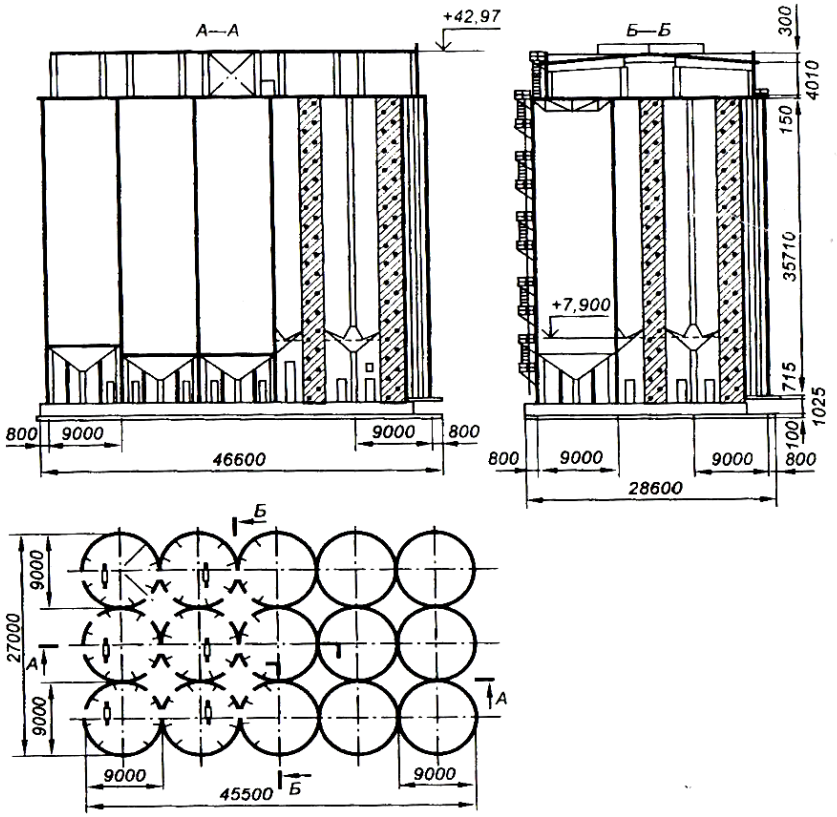


Рис. 3.38. Силосний корпус монолітний СКМФ-9-15

Збірні силосні корпуси. Будівництво збірних силосних корпусів почалося з кінця 1950-х р.р., а повнозбірних елеваторів з 70-х р.р. минулого сторіччя.

Розроблені наступні типові проекти силосних корпусів збірної конструкції:

СКР-3×3 (рис. 3.39). Стіни силосів збирають із ребристих об'ємних елементів розміром в плані 3×3 м (див. рис. 3.42), висотою 1,18 м і плоских панелей розміром 1,17х3 м;

СКС-3×3 (рис. 3.40). Стіни силосів із гладеньких об'ємних елементів (див. рис. 3.42, *в*) таких же розмірів як і елементів СКР-3×3;

СКС-6-48 (див. рис. 3.41). Корпус складається із 48 силосів діаметром 6 м (6×8). Стіни силосів – із збірних попередньо напружених криволінійних елементів (з розрізуванням кільця на 3 або 4 частини). Такий елемент показано на рис. 3.42.

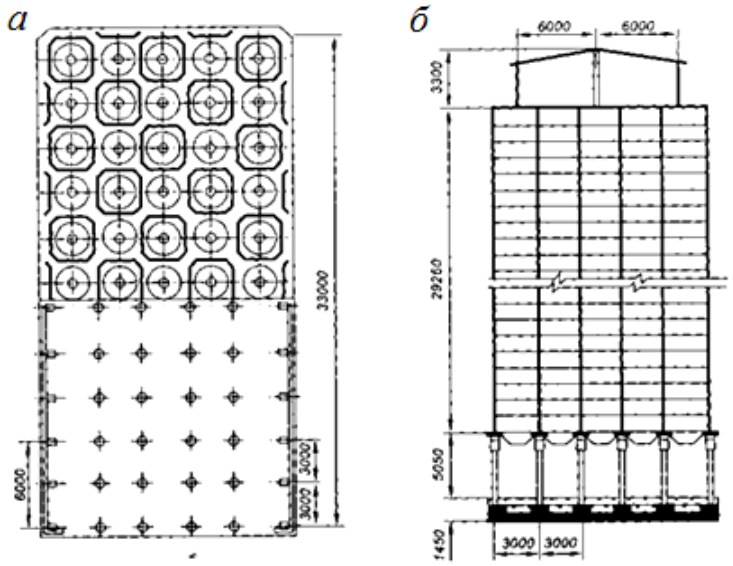


Рис. 3.39. Силосний корпус СКР-3×3:
а – план; *б* – поперечний переріз

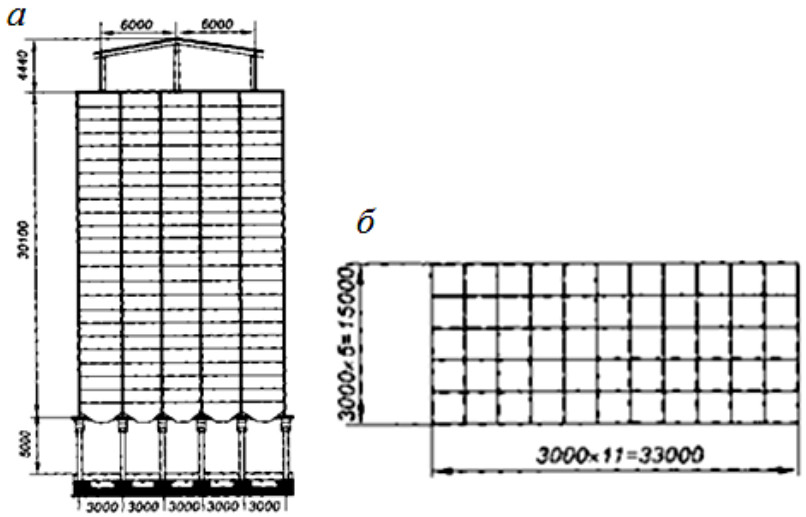


Рис. 3.40. Силосний корпус СКС-3×60:
а – поперечний перез; *б* – план

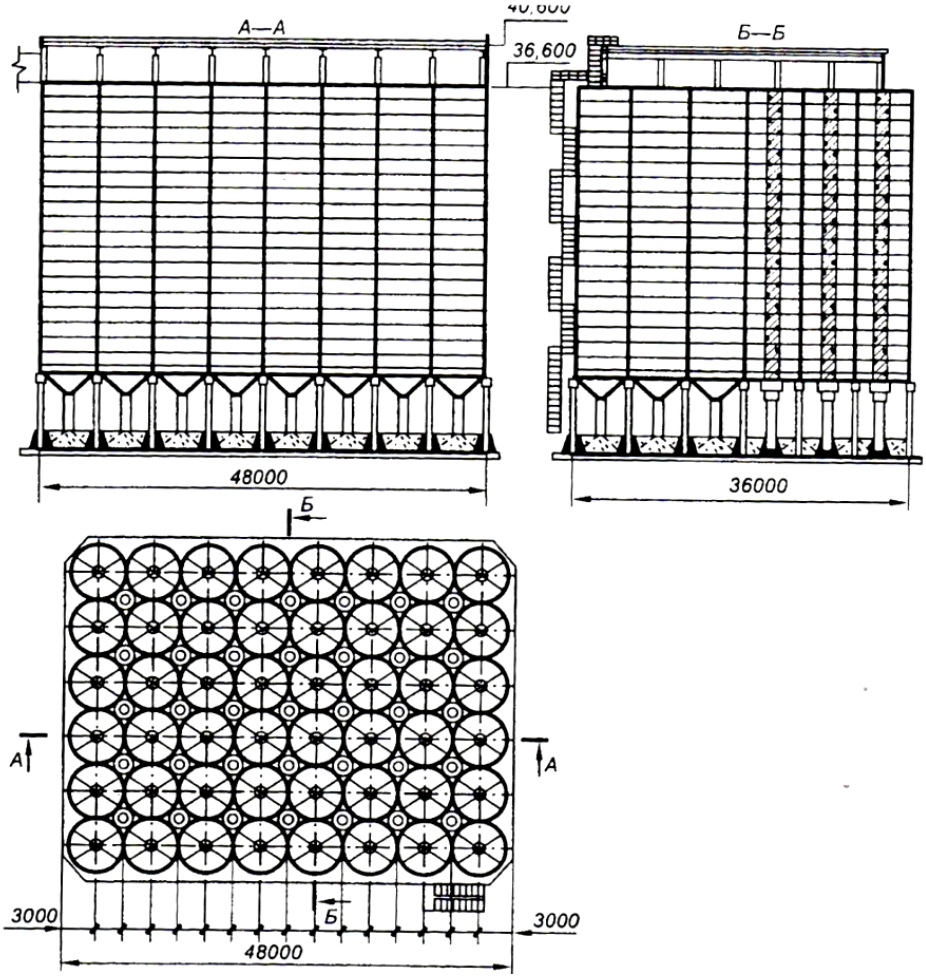


Рис. 3.41. Силосний корпус СКС-6-48

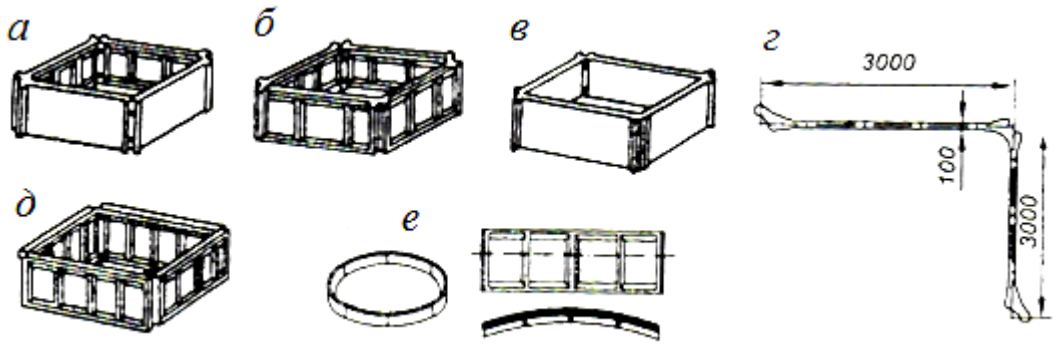


Рис. 3.42. Головні частини стін збірних силосів:

а – об'ємний блок таврового перерізу СКР-3×3; *б* – об'ємний блок двотаврового перерізу СК2Р-3×3; *в* – об'ємний гладкостінний блок СОГ-3×3; *г* – кутова частина СУГ-3×3; *д* – блок 4×4 м збільшеної зборки з ребристих панелей; *е* – тюбінг для збирання кілець діаметром 6 м

Об'ємні елементи з попередньо напруженою арматурою відрізняються від аналогічних елементів із звичайним арматуруванням високою жорсткістю і тріщиностійкістю, а також значно меншою витратою металу на їх виготовлення (до 40%).

Для збірних силосних корпусів розроблені об'ємні, плоскі і кутові елементи (рис. 3.42) зовнішніх силосів з конструктивним захистом горизонтальних швів.

Стіни і дах надсилосного поверху частіше збірні залізобетонні.

В типових проектах сучасних елеваторів враховані вимоги уніфікації конструкції робочих будівель, силосних корпусів, прийомних пристроїв і інших споруд. Проектування і будівництво їх здійснюється на основі застосування типових схем конструкцій, конструктивних вузлів і деталей.

Це дозволяє поєднувати робочу будівлю з різними типами силосних корпусів – збірними, монолітними, з силосами 3×3 м і діаметром 6 м. При таких розмірах силосів передбачена повна взаємозамінність об'ємно-планувальних і конструктивних рішень силосних корпусів із монолітного і збірного залізобетону.

Розміри силосного корпусу в плані кратні модулю 6 м, висотний модуль 0,6 м. Розміри в плані круглих силосів діаметром 6 м визначені по зовнішньому контуру, квадратних 3×3 м – в вісях.

Приймальні і відпускні пристрої елеватора

В залежності від вирішення задач елеватори можуть бути обладнані пристроями по прийому зерна з автомобільного, залізничного і водного транспорту і пристроями для завантаження зерна в автомашини, вагони, судна і відпуску на зернопереробні підприємства.

З розвитком елеваторного будівництва, з розробкою і впровадженням нових типів машин і механізмів для розвантаження і завантаження зерна, із збільшенням продуктивності транспортуючого обладнання пристрої конструктивно удосконалюються. Принципові

схеми прийому і відпуску зерна залишаються такими ж самими, що і характеризується в цьому підрозділі.

Приймальні і випускні пристрої повинні відповідати наступними вимогам:

- зручність і безпечність в обслуговуванні;
- достатня продуктивність, яка забезпечує виконання операцій в повному обсязі і без простоїв рухомого складу;
- не допускати псування і втрати зерна;
- вибухо- та пожежобезпечність;
- мінімальна вартість споруд і низький рівень експлуатаційних витрат.

Приймальні пристрої. В склад кожного приймального пристрою обов'язково входять приймальні бункери і розташовані під ними приймальні конвеєри. Необхідна кількість бункерів встановлюється в залежності від продуктивності приймальних конвеєрів та розвантажувачів, а також від змінної продуктивності розвантаження.

Пристрої для приймання з автомобільного транспорту. Приймання зерна з автомобільного транспорту – основна операція для усіх хлібоприймальних підприємств. Воно має місце на проміжних і на виробничих елеваторах, які розташовані в районах виробництва зерна.

На рис. 3.43 і 3.44 показані принципові схеми приймальних пристроїв.

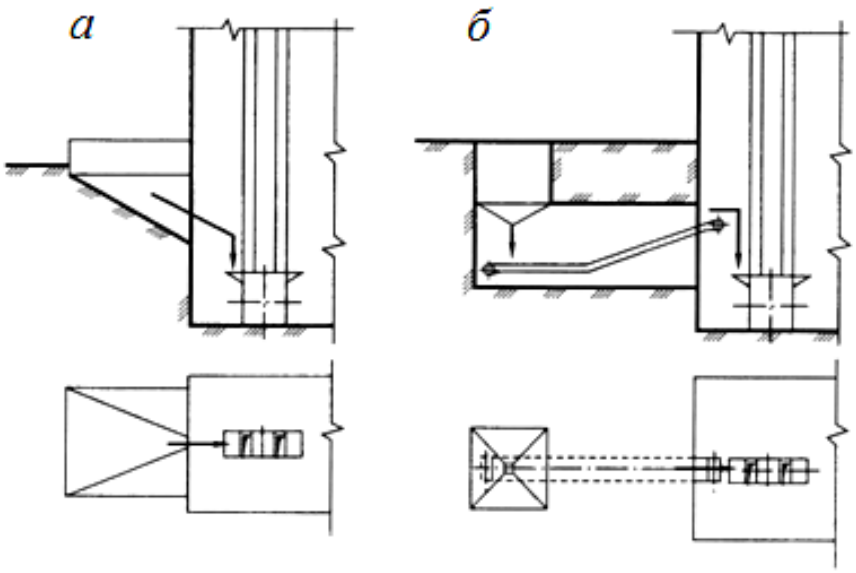


Рис. 3.43; 3.44. Принципові схеми пристрою прийому з автомобільного транспорту

а – бункер башмака норій; *б* – пристрій виносного типу

Приймальний бункер у башмака норії (рис. 3.43, *а*) був характерним для самопливних елеваторів (типу 1924-1925рр.). В теперішній час зустрічаються при деяких вежах механізації механізованих складів минулих років будування, при фермерських зерносховищах і на міні-підприємствах по переробці зерна. Досить часто він обладнаний автомобілерозвантажувачем. Ємність якого становить 5-10 м.

Порівняно більші переваги мають приймальні пристрої виносного типу (рис. 3.43, *б*). Наявність приймального конвеєра дозволяє мати будь-яку (необхідну за розрахунками) кількість приймальних бункерів. До цього типу приймальних пристроїв відносяться пристрої з повздовжніми (рис. 3.44, *а*) і поперечними проїздами (рис. 3.44, *б*).

Пристрої приймання з повздовжніми проїздами були характерні для другої половини 1920-х рр. Вони призначались для розвантаження вручну гужового транспорту. Вони мали досить велику загальну ємність – до 300-600 т. Продуктивність розвантаження була невелика

– 7-12 т/год. Їх важко було пристосувати до розвантаження автомобілів.

Пристрої приймання з поперечними проїздами почали будувати в 1930-х рр. Раніше це був головний тип приймальних пристроїв. Їх переваги: незалежність розвантаження в кожному проїзді, можливість установити автомобіле-розвантажувачі різної конструкції, великий діапазон приймальної здатності, простота прив'язки до робочих споруд елеватора і веж механізації.

В приймальних пристроях може бути передбачено попереднє очищення зерна на скальператорах по схемі, яка вказана на рис. 3.45. По такій же схемі можна організувати обмолот початків кукурудзи на дробарках.

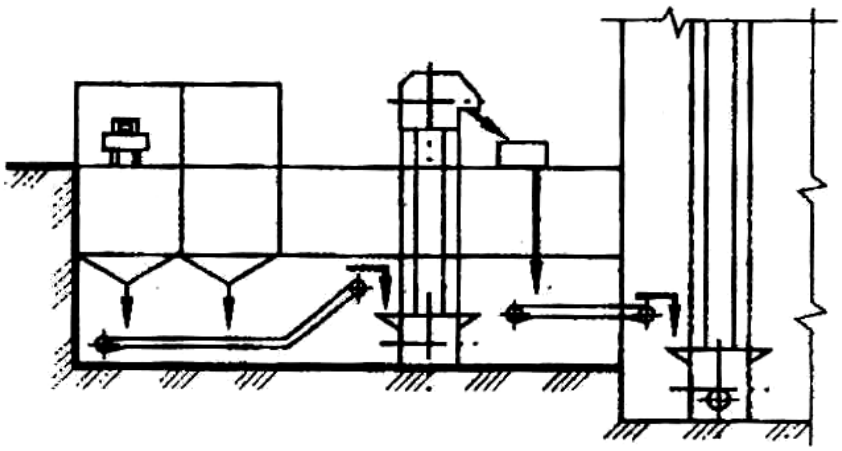


Рис. 3.45. Принципова схема попереднього очищення зерна у пристрої приймання з автомобільного транспорту

На сучасних елеваторах передбачено оперативні бункери (силоси) для формування крупних партій зерна при його прийманні. Вони можуть бути розташовані в приймальному пристрої, в робочій будівлі, в силоснім корпусі, якщо до нього прив'язане приймальне обладнання. На кожній приймальній лінії доцільно мати 4-6 оперативних бункерів (силосів) місткістю 80-100 т кожний. Зерно в них подають спеціалізованими прийомними норіями (рис. 3.46)

Пристрої приймання із залізничного транспорту – є практично на всіх елеваторах, але з більшою приймальною здатністю – на проміжних і виробничих елеваторах.

На старих елеваторах, головним чином, дореволюційної будови встановлювали бункери при башмаках норії.

Для випадкового прийому зерна із вагонів на деяких елеваторах є приймальний пристрій, який показано на рис. 3.47.

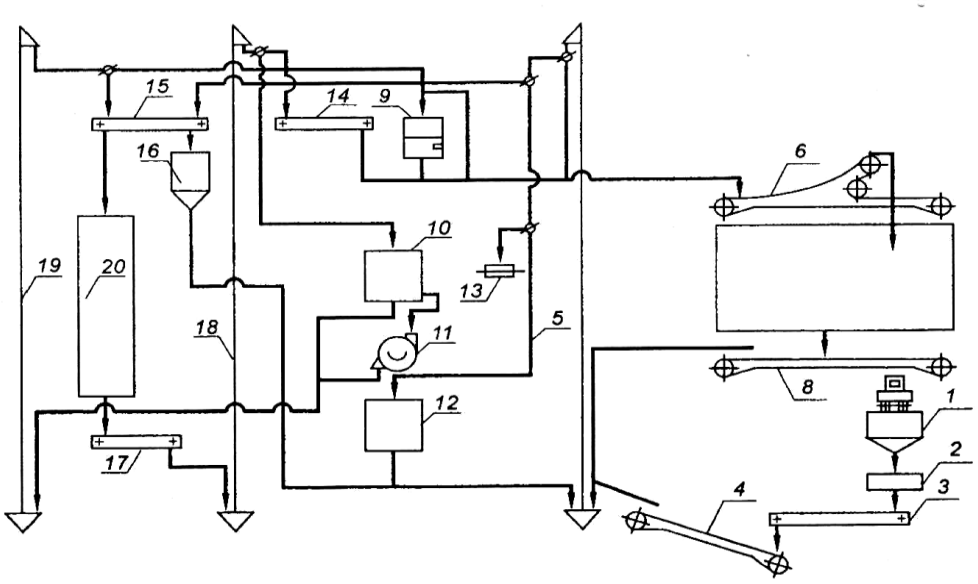


Рис. 3.46. Принципова схема руху зерна в СОБ

1 – приймальний бункер*; 2* – ворохоочисник; *3* – скребковий конвеєр; *4* – приймальний конвеєр; *5* – норія; *6* – верхній (завантажувальний) конвеєр; *7* – зерносклад; *8* – нижній (розвантажувальний) конвеєр; *9* – автоматичні ваги; *10* – повітряно-ситовий сепаратор; *11* – трієр-вівсюговідбірник; *12* – повітряно-ситовий сепаратор; *13* – конвеєр відпуску на з/д; *14, 15, 17* – скребкові конвеєри; *16* – бункер; *18, 19* – норії; *20* – зерносушарка

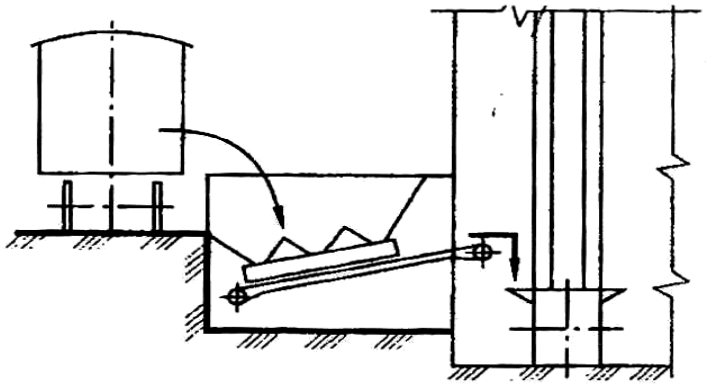


Рис. 3.47. Принципова схема пристрою для випадкового прийому зерна з вагонів

Починаючи з 1930 рр. стали будувати виносні приймальні пристрої двох типів:

- пристрої поперечного типу (з поперечним по відношенню до під'їзних шляхів розташуванням прийомних конвеєрів);
- пристрої повздовжнього типу (з повздовжнім розташуванням прийомних конвеєрів).

Кожний тип має свої переваги і недоліки, які добре проглядаються на представлених принципових схемах (рис. 3.48).

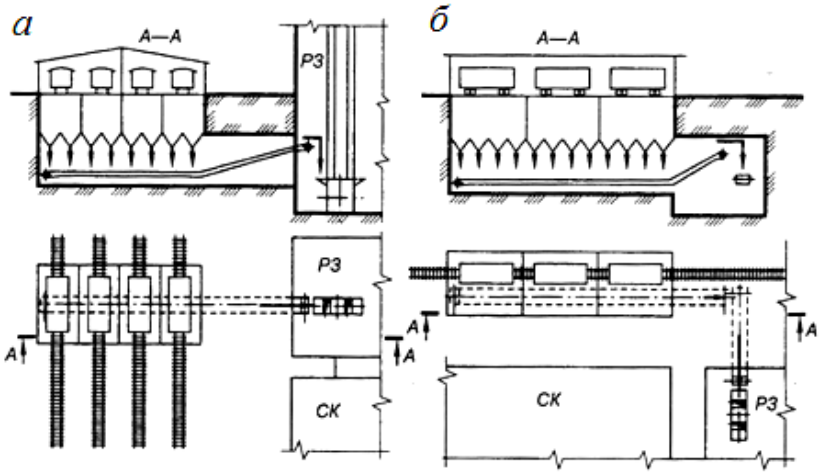


Рис. 3.48. Принципова схема пристроїв прийому з залізничного транспорту

а – поперечного типу; *б* – повздовжнього типу

Переваги пристроїв поперечного типу: незалежність розвантаження в кожному проїзді, один прийомний конвеєр на один приймальний потік.

Недоліки пристроїв поперечного типу: велика кількість під'їзних шляхів (один проїзд на кожен шлях); велике заглиблення (6,5-7,5 м).

Переваги пристроїв повздовжнього типу: менше заглиблення (4,0-5,5 м); мінімальна кількість під'їзних шляхів (повздовж одного шляху може бути вбудована вся необхідна кількість прийомних бункерів).

Недоліки пристроїв повздовжнього типу: два приймальних конвеєри на один приймальний потік (ускладнюється обслуговування); залежність розвантаження вагонів зчеплені.

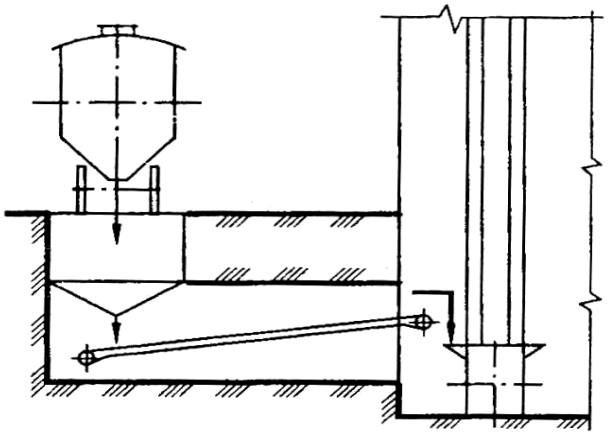


Рис. 3.49. Принципова схема пристрою для приймання зерна з вагонів-зерновозів

З водного транспорту зерно розвантажують механічними (норійними і грейферними) і пневматичними установками. Механічні установки вимагають підгрібання зерна до башмака норії або грейферу, що не повністю ліквідує ручну працю.

Пневмотранспорт цих недоліків не має, але є дуже енергомістким. Енергомісткість його в 3-4 рази вище, чим енергомісткість норій і конвеєра) і має низький КПД, рівний 0,06-0,07.

Установки для розвантаження судів відрізняються великою різновидністю. На вибір типу і схеми впливає ряд обставин: рельєф берега у пристані, вантажопідйомність судів, їх конструкція, схема

розташування люків і число трюмів, горизонт води, розташування елеватора відносно пристані.

Між розвантажними пристроями і норіями елеватора обов'язково повинні бути приймальні бункери. Приймальні бункери, а також тяги для зважування приймального зерна можуть бути розташовані по різному. Приймальні бункери на березі, в перевантажувальній башті, в робочій будівлі і силосному корпусі.

Ваги в приймальній установці, в перевантажувальній башті, в виробничому приміщенні. Приймальні пристрої можуть бути плавучими, стаціонарними і пересувними береговими.

На річних елеваторах застосовують також пересувні установки невеликої продуктивності на автопричепах.

На рис. 3.50 показана принципова схема варіанту прийомки зерна з водного транспорту.

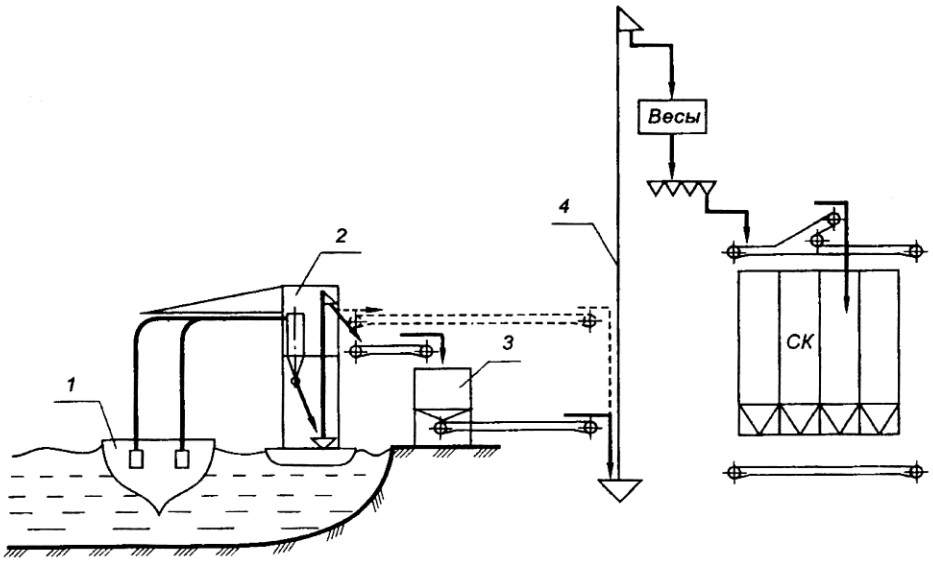


Рис. 3.50. Принципова схема варіанту приймання зерна з водного транспорту

1 – судно; *2* – пневматичний плавучий перевантажувач; *3* – берегова ємність; *4* – основна норія елеватора

Відпускні пристрої. Існують дві схеми відпуску зерна – із відпускних бункерів і безпосередньо з вагів.

Відвантаження на залізничний транспорт. Зерно в вагони відпускають із бункерів, які розташовані в силосному корпусі.

Найкращий варіант відпуску зерна в вагони з відпускних бункерів. Він забезпечує постійну готовність елеватора до відвантаження і, при необхідності, великий фронт відвантаження.

Відпуск із вагів не має таких переваг. Він застосовується при норіях з продуктивністю 175 т/год і вище, а також при невеликих об'ємах зерна.

Відвантаження на автомобільний транспорт. Проводиться виключно із відпускних бункерів, які розташовані в силосному корпусі або у виробничому приміщенні (на рівні надсепараторних бункерів). Ємність бункера 20-100 т. Число бункерів залежить від об'єму операцій.

В нижній частині труби влаштовують перегин для гасіння швидкості зерна. Для рівномірного заповнення кузова автомашини зерном застосовують гнучкий наконечник або невеликий ківш з декількома відпускними отворами. Зважування автомобілів виконують на автомобільних вагах два рази: нетто, брутто.

Відвантаження на водний транспорт. Відпускають зерно, як правило, із спеціальних бункерів ємністю 800-1000 т для річкових і 3000-4000 т для морських портових елеваторів. Зерно зважують у виробничому приміщенні. Вибір типу відпускного пристрою залежить від розташування елеватора по відношенню до лінії пристані і вантажопід'ємності суден.

У випадку, якщо передбачено і прийом зерна, то приймальні і відпускні установки монтують на одних і тих же опорах. Один із варіантів принципової схеми відпуску зерна в судна показаний на рис. 3.51.

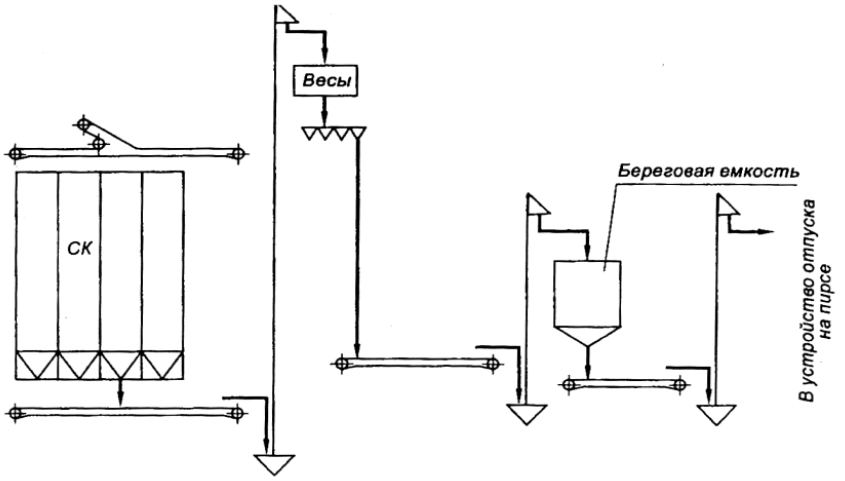


Рис. 3.51. Принципова схема варіанту відпуску зерна на водний транспорт з елеватора

Відвантаження на підприємство. Відвантаження зерна носить регулярний характер. Здійснюють його конвеєрами із відпускних бункерів, які розташовані у виробничому приміщенні або силосному корпусі; або із вагів. Відпускні бункери у виробничому приміщенні влаштовують на рівні підсепараторних бункерів. В силосному корпусі бункери розташовують, якщо підприємство знаходиться із сторони силосного корпусу.

При відсутності в підготовчому відділенні млина бункерів для неочищеного зерна достатньої ємності, відпускні бункери улаштовують ємністю, яка рівна добовій потребі підприємства в сировині.

У випадках, коли на елеваторі готують помельну суміш, змішуючи зерно різної якості у визначених пропорціях. Для цього під спеціальними бункерами або силосами встановлюють дозатори.

В теперішній час змішування проводять на підсилосному конвеєрі при відпуску зерна із силосів, для цього встановлюють визначену ступінь відкриття підсилосних засувок.

Зерносушарки

На більшості експлуатованих в теперішній час елеваторах проектами було передбачено шахтні зерносушарки і в основному типу ДСП. Зерносушарки частіше розташовували у виробничому

приміщенні і в окремо побудованому приміщенні з прив’язкою до основних норій елеватору (рис. 3.52). Опрацьовувались і інші варіанти розташування: у проміжку між виробничими приміщеннями і силосними корпусами; в силосному корпусі з квадратними силосами; на одній фундаментній плиті з виробничими приміщенням; поруч з силосним корпусом (в основному сушарки відкритого типу).

Варіант розміщення залежить від продуктивності зерносушарок, продуктивності транспортуючого обладнання, виконання зерносушарок (відкритого, закритого типу), їх кількості, конструкції робочого приміщення і силосного корпусу, технологічної схеми елеватора та ін. При реконструкції і технічному переозброєнні елеваторів вибирають оптимальний варіант.

В останній час розповсюдження одержали рециркуляційні зерносушарки.

В проектах сучасних елеваторів, розміщення обладнання для сушіння зерна перебувають в розриві між робочими приміщеннями і силосними корпусами (рис. 3.53). Таке розміщення зручне по технологічному рішенню і по умовах проведення будівельних робіт, які забезпечують вільне розміщення кранових шляхів з двох сторін, що зводять основні споруди елеватора.

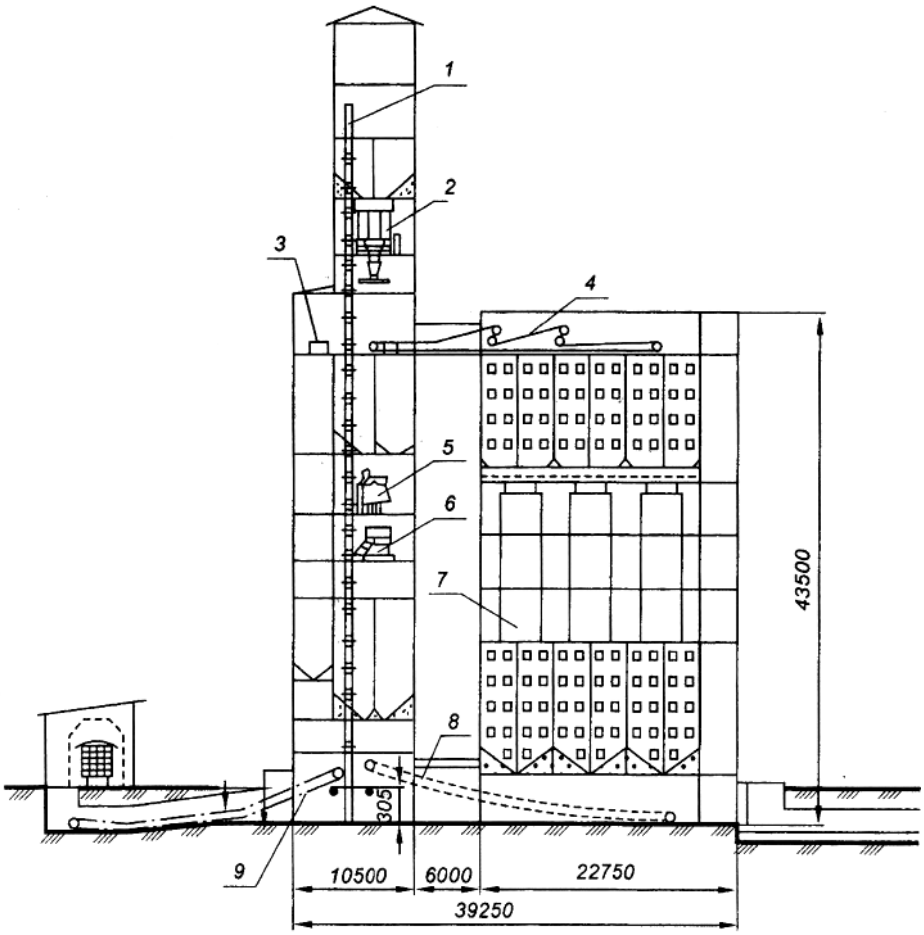


Рис. 3.52. Установка зерносушарки в окремій будівлі

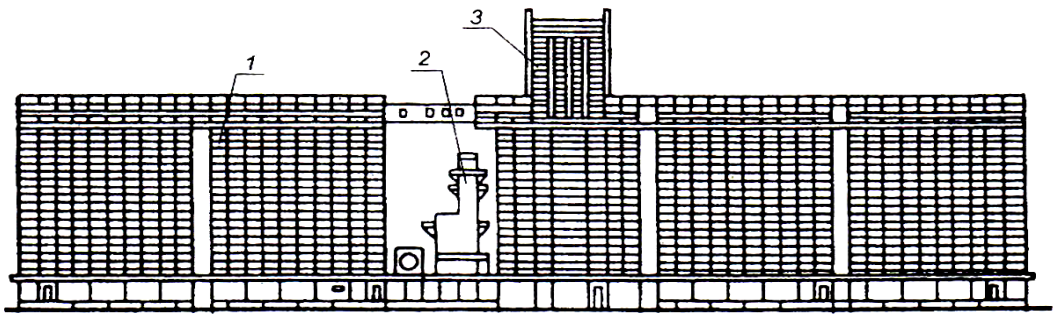


Рис. 3.53. Елеватор ЛВС-4 х 175-71

1 – силосний корпус; *2* – зерносушарка; *3* – робоча споруда

Цехи і склади для відходів

В цілях покращення санітарно-гігієнічних умов, зниження можливості пожежі, вибуху і полегшенні боротьби з шкідниками хлібних запасів всі відходи, які одержують при очищенні зерна і осіданні в пилевідокремлювачах, необхідно вилучити. Кількість відходів, одержаних на хлібоприймальних елеваторах не перевищують 2-3 %, а на проміжних і виробничих – від 0,5 до 1% маси прийнятого зерна. Кількість пилу, що одержують із пилевідокремлювачів, складає примірно 1/10 частину від маси всіх відходів.

У 30-х роках на великих елеваторах споруджували із монолітного залізобетону так звані цехи відходів. Вони були оснащені сепараторами для поділу відходів норіями, вагами. В них були передбачені оперативні бункери для сепараторів і бункери для зберігання відходів. Ємність була розрахована на зберігання двохдобового запасу відходів і пилу, які одержували при трьохзмінній роботі всіх машин елеватора.

На заготівельних елеваторах будували цехи відходів з металічними бункерами. Їх устатковували сепараторами, трієрами, зерносушарками барабанного типу. При цьому передбачали обробку і сушіння також і відходів, які підвозять від веж механізації.

При великих перевагах цехи відходів мають і значні недоліки: висока вартість споруди і додаткові витрати.

На елеваторах післявоєнного будівництва і сучасних елеваторах обладнують склади відходів. Вони представляють собою окремі залізобетонні будівлі з бункерами (рис. 3.54), в які відходи із елеватора транспортують пневматичною установкою. На млинкомбінатах склади відходів можуть бути загальними для елеватора і млина.

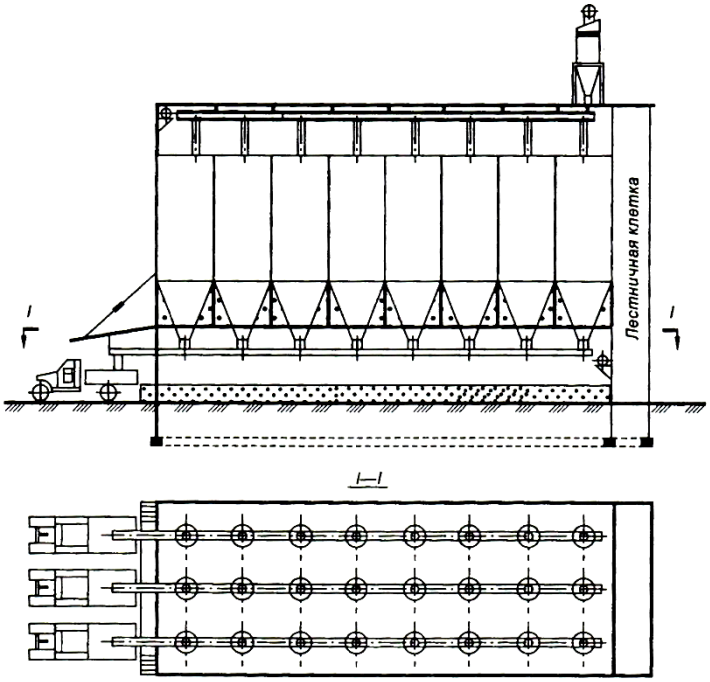


Рис. 3.54. Бункерний склад відходів елеватора Л-4 х 175

Склади, цехи відходів і пилові камери розташовують так, щоб до них легко могли під'їзжати автомобілі (приблизно в 50 м від споруди елеватора). Якщо відходи відпускають і на залізничний транспорт, будівлі розміщують біля залізничних шляхів, що мають під'їзд. При цьому передбачають, щоб відходи у вагони можна було розвантажувати незалежно від завантаження – розвантаження зерна на елеваторі.

На деяких сучасних хлібоприймальних елеваторах в робочих приміщеннях можуть бути передбачені відділення для обробки, зберігання і відвантаження відходів. В їх склад входять спеціальні бункери в робочому приміщенні і бункери, які встановлюють біля елеватора.

Умовні позначення (шифр) різних типів елеваторів і силосних корпусів

В спеціальній літературі, є посилання на тип елеватора або силосного корпуса, частіше всього вказують його шифр по типовому проекту. При цьому розшифрування умовного позначення не приводиться. На це питання пояснення немає в учбовій літературі.

В умовних позначеннях типів елеваторів чіткого уявлення немає, але встановити по шифру основне функціональне призначення

елеватора, конструктивне виконання і його виробничу потужність (кількість і продуктивність основних норій) можна легко.

Шифр типу елеватора складається із літерної і цифрової частин. Літерами позначені частіше всього функціональне призначення елеватора і його конструктивне рішення.

Наприклад, в абревіатурі ***залізобетонних хлібоприймальних елеваторів*** серій ***Л, ЛВ, ЛС, ЛМ, ЛВС*** і інших, буква ***Л*** – позначає елеватор лінійний, буква ***В*** – елеватор для східної зони, буква ***С*** – збірної(сборной) конструкції; ***М*** – монолітної конструкції.

Цифри вказують на кількість основних норій (перші цифри) і через знак ***х*** їх паспортну продуктивність. Наприклад, в елеваторах типу ***Л-2×100, ЛВ-3×175, ЛС-4×175, ЛМ-6×100*** встановлено відповідно 2, 3, 4 і 6 основних норій продуктивністю 100, 175, 175 і 100 т/год.

Деякі типи хлібоприймальних елеваторів з вказаною шифровкою: Л-2×1100, Л-3×100, Л-3×175, ЛВ-3×175, ЛВ-4×175, ЛМ-4×100, ЛМ-6×100, ЛМ-4×175, ЛВС-4×175.

З 1970-х рр. в типових проектах хлібоприймальних елеваторів стали вказувати в шифрі тип робочої будівлі, кількість і продуктивність основних норій.

Наприклад, на елеваторах з робочими будівлями ***РЗМ-5×175, РЗС-5×175, РЗС-6×175*** букви розшифровуються: ***РЗМ*** – ***Р***обоча ***Б***удівля(***З***дание) ***М***онолітної конструкції; ***РЗС*** – ***Р***обоча ***Б***удівля ***З***бірної (***С***борной) ***К***онструкції.

В позначенні ***базисно-перевалочних елеваторів*** перші дві букви ***БП*** – позначають елеватор ***Б***азисно-***П***еревалочний. Послідуючі букви (***С,М***) несуть той же зміст, що і для заготівельних елеваторів. Наприклад, ***ММ-3×175*** розшифровується: ***М***линовий елеватор ***М***онолітної конструкції.

Деякі типи виробничих елеваторів: ***М-2×100, М-2×175, М-3×100, М-3×175, М-4×350, МС-3×100, МС-3×173, МС-4×175, ММ-3×175***; портових елеваторів: ***П-5×350, П-6×500***; фондових: ***Ф-3×175***; базисно-перевалочних: ***БП-5×350, БП-4×175***.

Одиничні проекти елеваторів мають індивідуальне позначення. Іноді при зазначенні типа елеватора указують на тип силосних корпусів.

Розроблені типові проекти силосних корпусів: ***СКС-3×3; СКР-3×3; СКМФ*** різної ємності. Розшифровується: ***СКС*** – ***С***илосний ***К***орпус ***З***бірної (***С***борной) конструкції; ***СКР-3×3*** – ***С***илосний ***К***орпус із ***Р***ебристих об'ємних елементів з розміром в плані 3×3 м; ***СКМФ*** – ***С***илосний ***К***орпус ***М***онолітної конструкції з силосами, зведеними на ***Ф***ундаментній плиті.

Місткість вказують окремо або в позначенні вказують число чарунок в силосному корпусі, наприклад ***СКС-3×144, СКС-3×192, СКС-6×36, СКМ-6×36, СКМФ-6×48***, де перша цифра вказує на розмір сторони силосу або його діаметр, а наступні цифри вказують на число силосів в силосному корпусі.

При возведенні елеваторів із збірного залізобетонна застосовують об'ємні, плоскі і кутові елементи зовнішніх силосів. Конструкція їх та умовні позначення приведені на рис. 3.42.

3.4.3. Металеві зерносховища

Загальні відомості

Важливим напрямком технічної політики в елеваторній промисловості є будівництво металевих силосів. Спорудження їх нарівні з розширенням будівництва залізобетонних елеваторів повинно дозволити швидше ліквідувати дефіцит місткості.

Застосування металевих силосів дає багато суттєвих переваг в порівнянні з монолітними залізобетонними: можливість заводського виготовлення конструкцій, меншу масу, простоту транспортування, в тому числі на великі відстані, простоту і невелику трудомісткість монтажу, можливість створення герметичних ємностей, що дуже важливо для боротьби з шкідниками зерна шляхом газації, а також для зберігання зерна в середовищі інертного газу, яке дозволяє тривалий час підтримувати добрий стан зерна. Для металевих силосів застосовують сталь (оцинковану, іноді нержавіючу), алюмінієві сплави (для невеликих силосів).

Але ці силоси мають і недоліки:

- висока теплопровідність стін і крівлі;

- конденсація вологи на внутрішніх стінах, що викликає потребу в улаштуванні теплоізоляції стін і крівлі або організацію аерації силосу;

- корозія металу під дією визначних хімічних речовин із збережуваної маси;

- необхідність в періодичному фарбуванні, збільшенні горизонтального тиску на стіни при випуску зерна із силосу в результаті мінімального тертя об стіну.

При випорожненні необхідне надходження достатньої кількості повітря в силос, бо можливе стискання оболонки силосу за рахунок вакууму, який утворюється в її середині.

Питання збереження зерна

Дослідами, які були проведені у ВНДІЗ в 1974-1980 рр. в різних зонах країни показали, що металеві силоси задовольняють вимоги технології зберігання зерна, які ставляться до зерносховищ. В них надійно зберігається сухе охолоджене зерно (з вологістю не більше 12-13 %). Для забезпечення кращого збереження зерна необхідно проводити вентилювання силосів. При проведенні активної вентиляції на внутрішній їх поверхні спостерігається інтенсивна конденсація вологи, яка потрапляє на зерно і зволожує верхній шар. Для послаблення цього процесу необхідно видаляти вологе повітря із вільного простору силосу (вентилятором) через спеціальні вихідні решітки. Для попереджування конденсації вологи на металевих стінках і самозігрівання зерна, яке прилягає до них, зовнішні стінки силосів покривають алюмінієвим складом, який відображає сонячні промені, завдяки чому їх нагрів мінімальний. З цією ж метою стінки силосів виготовляють в окремих випадках подвійними, простір між ними заповнюють теплоізоляційними матеріалами.

Проектні пропозиції

Нині в Україні розроблено декілька проектних пропозицій по удосконаленню конструкції металевих силосів. В якості основної прийнята їх циліндрична форма.

За оптимальну висоту слід вважати таку, за якою навантаження на підлогу (від товщі зерна) не перевищує несучої здібності ґрунту, яка зазвичай становить 1-1,5 кг/см^2 , що відповідає висоті до покрівлі 15-20 м. За умовами компоновки з робочим приміщенням бажано

мати висоту силосу, яка рівна висоті силосної частини елеватора. Таке рішення, крім конструктивних труднощів, пов'язане з забезпеченням стійкості стіни оболонки, в більшості випадків ускладнюється умовами виробництва робіт. Навантаження від маси сипких матеріалів, яке передається на стіни, вимагає спеціальних конструктивних заходів для забезпечення стійкості стін (установка ребер жорсткості, улаштування гофр, збільшення товщини стіни, зниження висоти силосу). Забезпечення стійкості – це один із визначних факторів при проектуванні металічних силосів, від якого залежить витрата матеріалів. В силосах може виникнути нерівномірне навантаження при позацентровим розташуванні завантажувальних і розвантажувальних люків або при односторонньому розвантажуванні залишків зерна в силосах з плоским днищем. При великих діаметрах силосів ця нерівномірність істотно впливає на роботу силосної оболонки.

Залежить робота металевого силосу і від температури дії. В результаті різких коливань температур в металі відбувається постійна зміна напруги. Досліди показали, що при температурному перепаді 80°С (40°С влітку і - 40°С взимку) потрібно, незалежно від розмірів силосу, подвійна витрата сталі.

Діаметр силосу, при використанні його для розширення елеваторів, повинен бути рівним діаметру силосів або ширині силосного корпусу, з яким буде блокуватися. Це дозволяє уникнути улаштування поперечних конвеєрів.

При возведенні металевих силосів відпадає необхідність улаштування суцільної фундаментної плити. Вертикальний тиск зерна на днище силосу передається через спеціально підготовлену основу безпосередньо на грунт, а навантаження від стін – на кільцевий фундамент, вирішений в монолітних або збірних залізобетонних конструкціях. В деяких випадках доцільно застосовувати кільцевий спайний ростверк. Крівлю металевих силосів виконують у виді конічного купола з обпиранням на стіни і в деяких випадках на центральну стійку.

Роздивимось деякі проектні пропозиції для прив'язки до елеватора. Стіни силосу виконані із кілець висотою 1,5 і 3 м, зварених із листової сталі. Товщина листів змінюється від 10 мм внизу до 6 мм

у верхній частині стіни силосу. Сполучення кілець між собою здійснюється за допомогою зварювання через кільцеву стальну пластину – накладку. Товщину стін можна зменшити, якщо застосувати центральну розвантажувальну трубу.

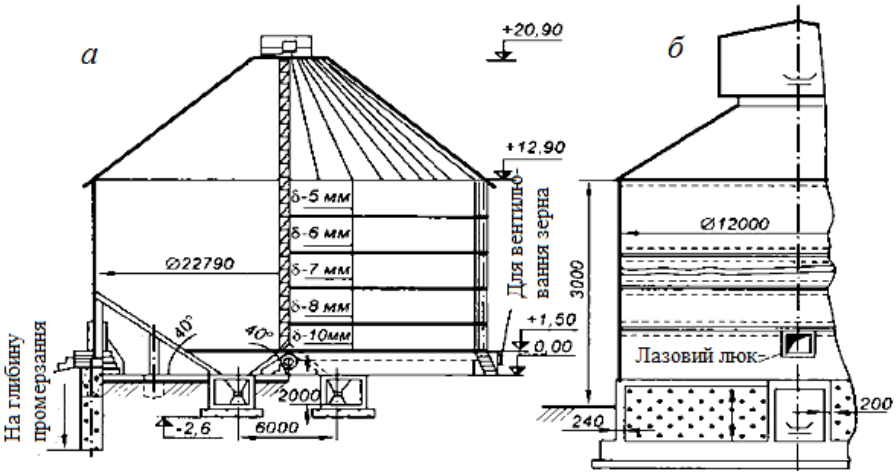


Рис. 3.55. Сталеві циліндричні силоси

а – проектна пропозиція Джамбульського технологічного інституту легкої та харчової промисловості; *б* – проектна пропозиція ЦНДІ Промзернопроект

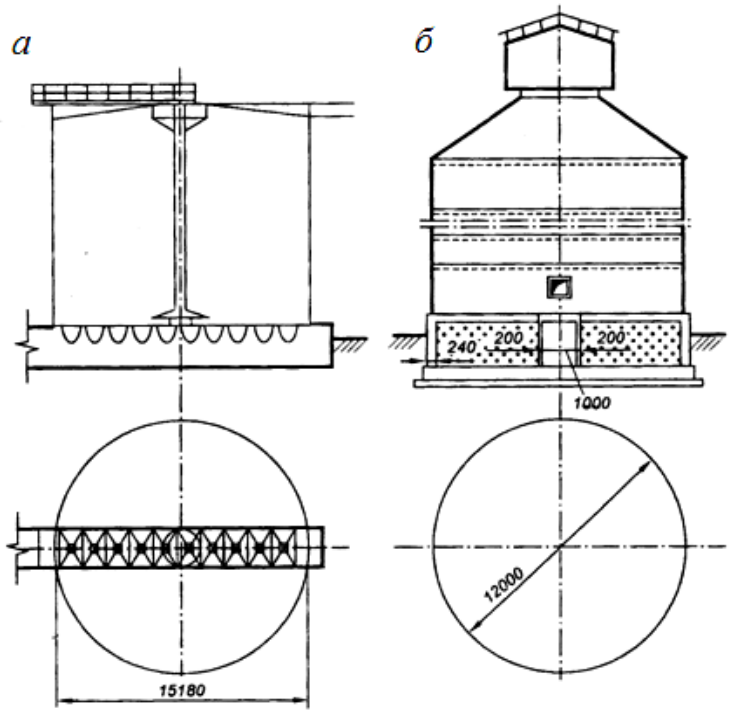


Рис. 3.56. Металеві силоси

а – конструкції Госндісредазпромзернопроект; *б* – конструкції ЦНДІ Промзернопроект

Нижня частина стіни закріплена вертикальними ребрами із кутника 100×100×7 мм. Стінка підпирається кільцевою сталевою пластиною, яка забита в ребро фундаменту.

Проектна пропозиція ГОСНДІ-средазпромзернопроект (рис.3.56, *а*). Силоси заповнюють зерном через верхній отвір, тим досягається краще використання геометричного об’єму.

Опорожнюють через отвори, розташовані по діаметру. У випадку такого рішення при випуску зерна виникають несиметричні навантаження на стіни силосу.

По горизонтальному днищі після випуску самопливом зерна, яке залишається (10 – 15 %), розвантажують зазвичай одним із наступних механізованих способів: самохідними машинами типу бульдозера, скребковими і гвинтовими конвеєрами, які укладають на схил. Днища можуть бути і конічними.

Металеві силоси, зведені методом рулонування (рис. 3.57, 3.58) і навивання (рис. 3.59, 3.60).

В теперішній час на Україні найбільш широке розповсюдження одержали силоси, які зведені методом рулонування і методом навивання (намотування).

Методом рулонування зводять окремо стоячі силоси діаметром 15,2 і 18 м. Надземна частина вирішена у виді металевої оболонки з центральною трубчатою стійкою і конічною покрівлею, яка опирається на них.

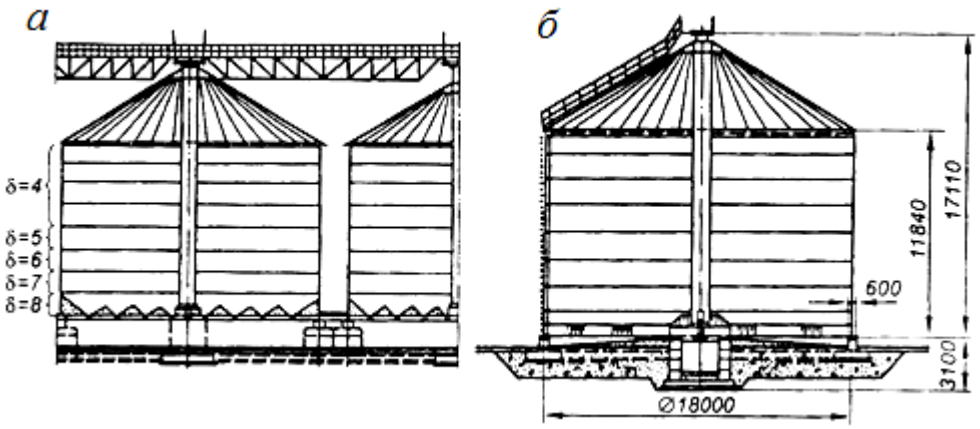


Рис. 3.57. Металевий силос діаметром 18 м, зведений методом рулонування

а – повздовжній переріз; *б* – поперечний переріз силосу

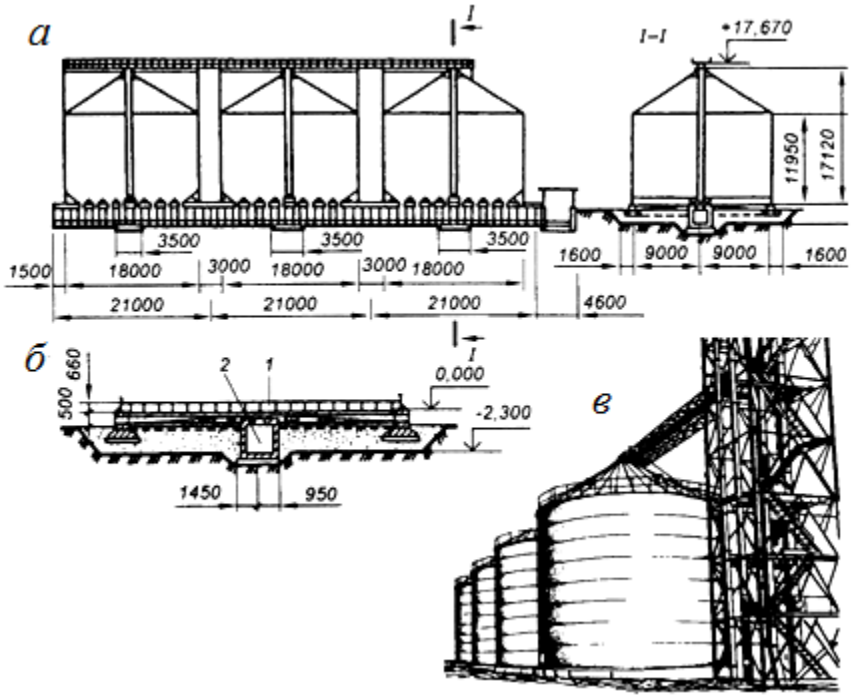


Рис. 3.58. Металеві силоси, зведені методом рулонування

а – повздовжній і поперечний перерізи; *б* – конструкція днища; *в* – загальний вид силосів; *1* – збірні залізобетонні плити; *2* – об’ємний елемент конвеєрної галереї

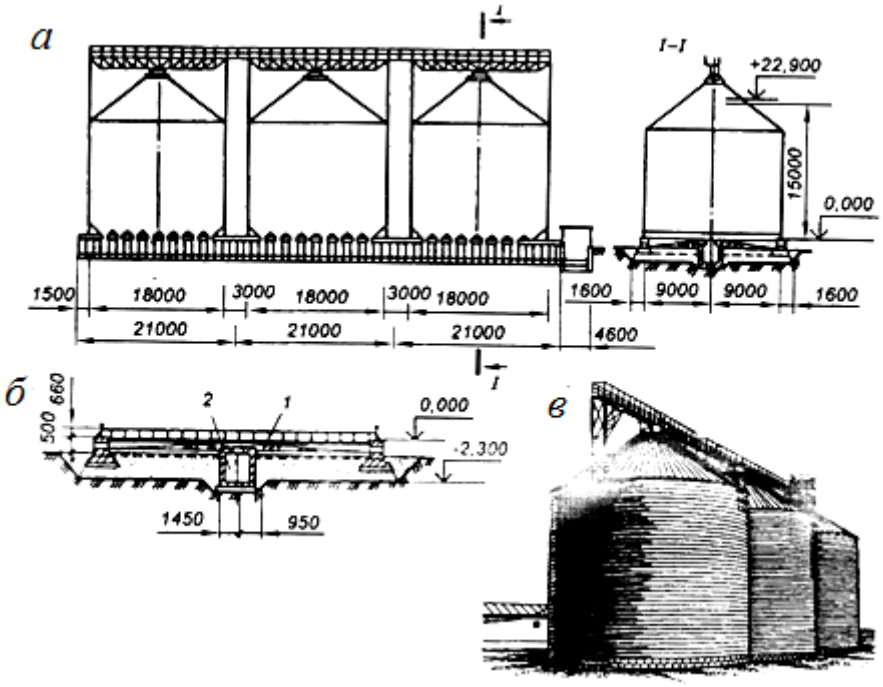


Рис. 3.59. Металеві силоси, зведені методом навивання

а – повздовжній і поперечний перерізи; *б* – конструкція днища; *1* – збірні залізобетонні плити; *2* – об'ємний елемент конвеєрної галереї

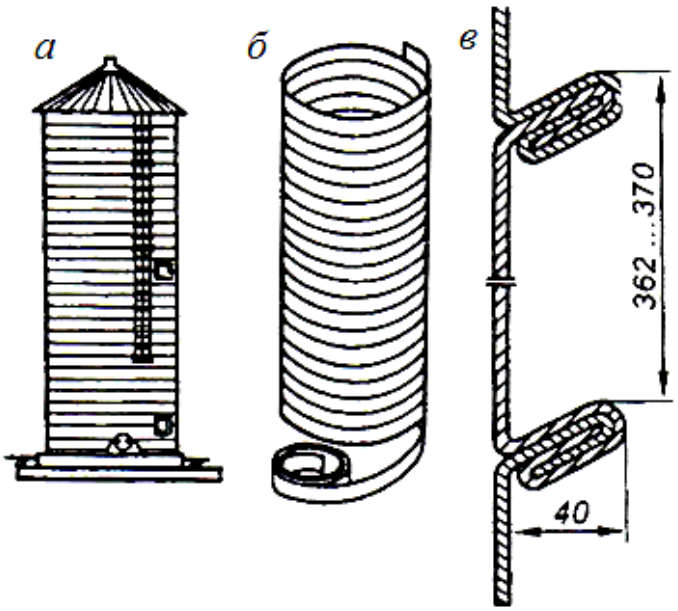


Рис. 3.60. Металевий силос діаметром 18 м, зведений методом навивання

а – загальний вид; *б* – схема навивки; *в* – вузол сполучення металевих плит

Для завантаження силосу використовують надсилосні конвеєрні галереї. Розвантажують зерно самопливом на конвеєри в підсилосній підземній галереї, а його залишки – за допомогою аерожолобів через люки, які розташовані в перекритті тунелю. Фундамент силосу складається із двох залізобетонних на півкілець. Стіни підсилосної галереї виконані із бетонних блоків, перекриття – монолітна залізобетонна плита.

Товщина стіни силосу (4-8 мм) змінюється по висоті через інтервали 1,5 м, яка рівна ширині листів, із яких зварюють рулони.

Центральна трубчата стійка має у верхній частині конструкцію у вигляді парасольки, яка призначена для обпирання балок купольної крівлі і конструкцій верхніх надсилосних галерей. Для обпирання

балок на стіни силосу в їх верхній частині приварене опорне кільце із кутника. Крівля – із 36 плоских трапецеподібних щитів.

Металеве зерносховище поступає на будівельний майданчик укрупненими вузлами. Стінки резервуарів – у вигляді зварних полотнищ, крівля – зварними секторними щитами, кільця днища – окремими сегментними елементами.

Застосовують наступну послідовність робіт: розмітка кілець днища на фундаментній основі силосу, улаштування бетонних розсікачів, вкладення шпал в канали аерожолобів до рівня верхньої фундаментної плити, накатування рулону-стінки на основі резервуара, підйом його за допомогою крана у вертикальне положення, установка монтажної стійки, розвертання (розкручування) за допомогою трактора рулона-стінки і установка щитів крівлі, улаштування корпусної частини бетонних розсікачів, монтаж транспортного, технологічного і електротехнічного обладнання.

Установку силосу проводить бригада із 5-7 чоловік, а максимальне число робітників, які зайняті на будівництві всього комплексу складає 20-25 чоловік.

Комплекс із чотирьох силосів може бути споруджений за 3-4 місяці. Капітальні вклади із розрахунку на 1 т ємності нижче нормативних для залізобетонних елеваторів.

Є два типових проекти для силосів:

1) діаметр 15,2 м, h = 12 м, Е = 1800 т;

2) діаметр 18 м, h = 11,9 м, Е = 2500 т;

де h – висота силосу.

В останні роки в багатьох країнах і у нас на Україні широке розповсюдження одержують металеві силоси, які споруджують методом навивання. Суть методу полягає у формуванні стін силосів із спіральної стальної стрічки зі з’єднанням кромки шляхом загину і запресування у фальцеве сполучення. Спеціальні машини відгинають стрічку листів, а потім формують фальцеве сполучення, пропускаючи через систему парних валків. Товщина стіни – 2-4 мм. Стальна стрічка, проходячи через профілюючу машину, яка стикується із сусідньою по висоті, утворюють спіральні виступаючі ребра. Стрічку рулонів в ході навивання з’єднують зварюванням встик.

Спіральні ребра збільшують стійкість стіни. Крім того, в нижній частині силосів для забезпечення стійкості стін встановлюють вертикальні стійки.

Покриття силосу вирішується у вигляді легкого конічного куполу, який спирається на стіни силосу. Купол збирають із трапецеподібних елементів товщиною 1 мм, які має відбортовку. Ці елементи з'єднані двома кільцевими трубами діаметром 4,0 і 13,0 м, на які вкладають напрямні елементи із оцинкованої сталі товщиною 1,5 мм. Верхня частина куполу замикається.

Верхні конвеєрні галереї встановлюють на плоскі металеві опори, які опираються на стіни силосу, що підсилені в цих місцях вертикальними стійками. Верхні галереї виконують відкритими в виді просторової форми.

Будівництво металевих силосів здійснюється, як правило, групами по 3-5 і більше. Вони прив'язуються до діючих або робочих веж, що будуються.

В практиці будівництва застосовують типовий проект силосу з характеристиками: діаметр 18 м, h = 15 м, Е = 3000 т.

Металеві зерносховища за кордоном

Особливо широке розповсюдження металеві зерносховища знайшли, зокрема, в США, Канаді, Німеччині, Франції, Італії, Великобританії, Нідерландах, Чехії, Словакії, Угорщині.

В деяких країнах на долю металевих зерносховищ приходиться більше 50 %.

Металеві ємності відрізняються великою різноманітністю форм, розмірів, конструктивними рішеннями. Застосовують їх для будівництва невеликих силосних корпусів елеваторів, розширення діючих елеваторів, а також у вигляді окремо стоячих силосів.

Собівартість металевих зерносховищ в порівнянні невисока завдяки використанню для їх монтажу конструктивних елементів заводського виготовлення, стандартних матеріалів і деталей, а також із-за невеликих транспортних витрат за рахунок повного використання вантажопідйомності транспорту, швидкості зведення при малих затратах праці.

Матеріали стін. Стіни металевих ємностей виготовляються із листової звичайної або вуглецевої сталі без покриття або з антикорозійним покриттям (оцинкованої, емальованої, з гальванізованим покриттям, покритої лаком), із алюмінієвих листів.

Використовуються металеві листи різного конструктивного виконання: гладенькі, хвилясті, профільовані.

В Японії споруджують також комбіновані силоси, стіни яких в середині сталеві, зовні бетонні або навпаки. Вони відрізняються підвищеною міцністю.

Форма силосів. Металеві силоси споруджують квадратної, прямокутної, циліндричної або багатокутної форми.

В одних випадках силоси мають воронкоподібні днища і монтуються на сталевих опорах. Застосування опор дозволяє відмовитись від будівництва дорогого фундаменту. В інших випадках металеві силоси будуються з плоским днищем, що обходиться при виготовленні вдвічі дешевше в розрахунку на 1 т зерна, такі силоси на 4-10 % місткіші ніж силоси того ж діаметру, але з конусоподібним днищем. Однак застосування плоского днища при наявності центрального випуску вимагає рішення проблеми механізованого розвантаження зерна, яке залишається на днищі під кутом природного схилу.

Металеві силоси встановлюють і на бетонному фундаменті. У випадку, якщо днище у силоси має воронкоподібну форму, воно поглиблюється з фундаментом в землю.

На рис. 3.61 представлено зерносховище із багатокутних силосів. Стіни таких силосів виконуються із плоских сегментів або панелі заводського виготовлення.

В останній час більш економічними визнані силоси циліндричної форми.

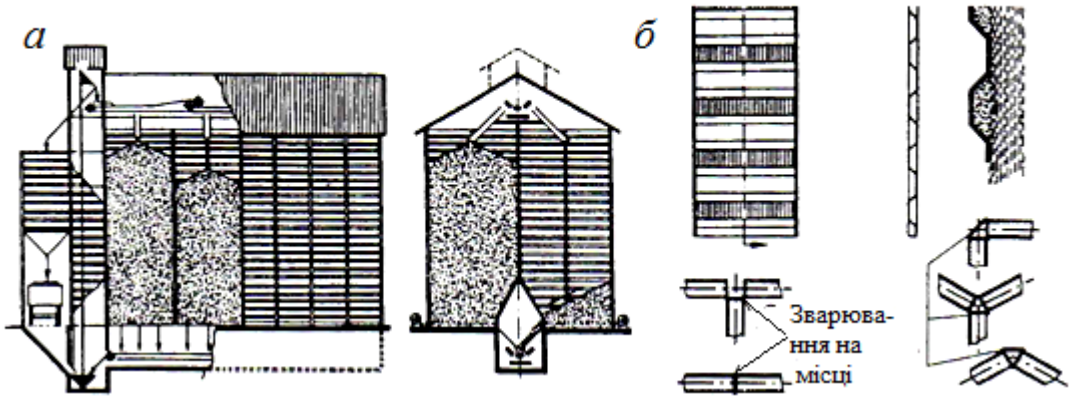


Рис. 3.61. Багатокутні силоси із сегментів заводського виготовлення (*а*) і конструктивні деталі до них (*б*)

Розміри металевих силосів. Розміри і місткість силосів дуже різноманітні. Це залежить від їх призначення, компонування, місцевих умов.

В Німеччині для зерносховищ з металевими циліндричними силосами в якості типового прийнятий діаметр силосу, рівний 5,7 м; в Чехії – 6 м; в Польщі для двох типових проектів зерносховищ на 300 і 800 т – 3 м.

В США виготовляють квадратні силоси з розмірами в плані 4,25×4,25 м; 2,5×2,5 м і ін., циліндричні силоси діаметром від 2,5 до 32 м. Приблизно таких же розмірів будуються силоси в Канаді, Великобританії. У Франції – діаметром від 1,78 до 16 м. В Німеччині, Італії розповсюджені силоси з невеликими розмірами в плані. Висота силосів в основному від 2,5 до 17 м, бувають і більше.

Перевагу частіше віддають циліндричним силосам з плоским днищем і відношенням висоти до діаметру в межах 0,5-1. Пояснюють це тим, що зі збільшенням висоти силосу при постійному діаметрі значно збільшуються витрати металу на одиницю ємності.

Ємність одного силосу може бути від 30 т до 75 тис. т. Так, наприклад, в портовому елеваторі (м. Порт-Картьє) установлені металеві силоси місткістю 10 тис. т кожен. Ємність усіх установлених на елеваторі металевих силосів складає 80 тис. т. Ці силоси мають діаметр 37 м, висоту циліндричної частини 14,4 м. Монтують їх із

листів оцинкованої сталі розмірами 2400х1410 мм, з'єднаних на болтах внапуск. Всі роботи по монтажу восьми металевих силосів з установкою транспортерних галерей були здійснені за 3 місяці.

Канадська фірма «Сарріайенлімітед» виготовляє силоси під назвою «Євросилос». Деякі із них – гігантські будівлі: діаметр їх – від 50 до 80 м, висота – від 20 до 30 м і ємність – від 750 т до 75 тис. т.

Методи зведення металевих силосів. Конструктивні особливості силосів

В основному всі металеві силоси, за винятком силосів малих розмірів, які виготовляються повністю в заводських умовах, монтуються на майданчиках із укрупнених блоків заводського виготовлення.

В одному випадку збірні металеві елементи на будівельних майданчиках збираються на болтах. При цьому для герметизації швів іноді застосовують пластмасові неопренові або інші прокладки. В інших випадках панелі або блоки силосів зварюються по поясах визначеної висоти. Невеликих розмірів в плані силоси можуть монтуватися на майданчиках із окремих зварних або збірних кілець.

Металеві силоси виготовляють з підсиленням міцності стінок і без підсилення. Міцність конструкції збільшується за рахунок привареної кутникової сталі по краях листів, які з'єднані болтами. Ребра міцності (вертикальні або горизонтальні) сприймають бокові навантаження. В деяких випадках для збільшення міцності в силосах передбачають зовнішні ребра міцності або всередині силосу встановлюють додатково стяжки, які виготовлені із гарячекатаної сталі. В США стіни силосів великої висоти (біля 15 м) іноді обладнують ребрами міцності Z-подібної форми із стального прокату.

Для будівництва силосів середніх розмірів, як правило, використовують гофровані металеві листи. Такі листи в порівнянні з плоскими більш міцні на розрив і згинання. Силоси із гофрованих листів армують вертикальними стрижнями, які встановлені зовні (рис. 3.62). При необхідності теплоізоляції влаштовують другу стіну, яку закріплюють до вертикальних стрижнів.

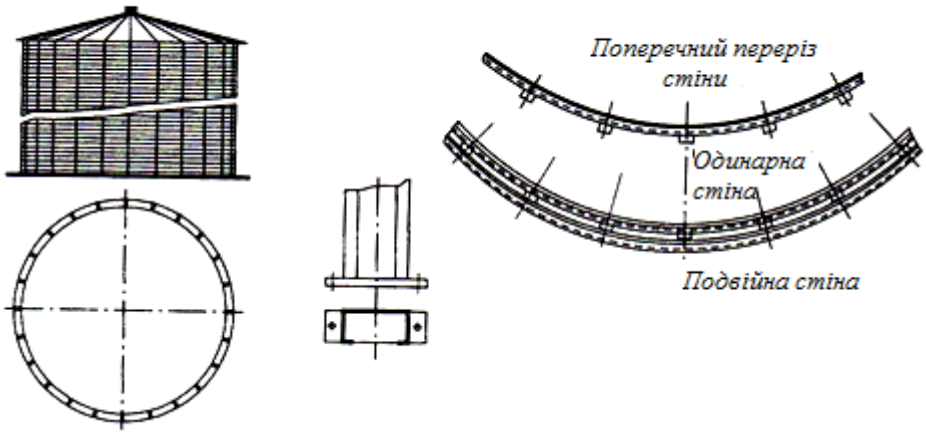


Рис. 3.62. Силос зі стальних гофрованих листів

При будівництві силосів великих розмірів (діаметр біля 30 м) стіни із гофрованих листів роблять подвійними. При цьому внутрішня стіна має вертикальні рифлі, зовнішня – горизонтальні. Перша – сприймає тиск, який виникає при терті продукту об стінку, друга – розривне навантаження маси продукту. Це надає стінам силосу збільшену міцність, високий опір тиску і теплоізоляцію.

На рис. 3.61 показано зерносховище із багатогранних силосів. Стіни таких силосів виконуються із плоских сегментів або панелей заводського виконання. Стіни повинні чинити достатній опір згинанню і розтягуванню, яке виникає від дії маси продукту. Панелі з'єднуються разом за допомогою порожніх вертикальних стрижнів, які утворюють загальну раму силосу і передають вертикальні навантаження на бетонний фундамент. Після того як силос буде повністю зварений, порожнисті вертикальні стрижні можна заповнити бетоном, що підвищить їх несучу здатність. Крівлю силосу також монтують із рифлених металевих панелей, зварюючи їх між собою. Така система монтажу дозволяє групувати силоси в корпуси. Чим більше силосів, тим менше вартість одиниці місткості, так як стіни нових силосів приєднуються до уже існуючих. Застосовуються і інші способи монтажу металевих силосів.

На рис. 3.63, *а* показана збірка зварної металеві конструкції силосу на місці за допомогою центрального підйомника. Наприклад, в Угорщині за допомогою цього методу, який ще має назву

«підрощування», силос споруджують так. Після підготовки основи під силос по його периметру розставляють верхній ряд сегментів, які закріплюють їх і на ньому монтують кришу. По закінченню монтажу шістьма лебідками цю частину піднімають на висоту ряду. Потім встановлюють і закріплюють наступний ряд сегментів, стійки і силос опускають до упора на фундамент.

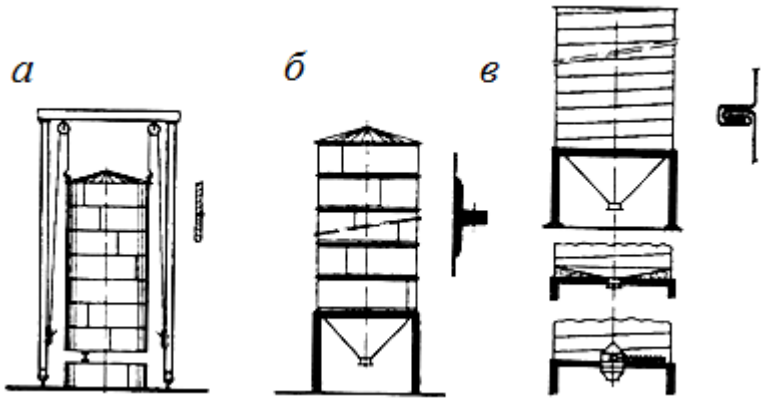


Рис. 3.63. Металеві силоси

а – зварювальні на місці; *б* – на шурупових з'єднаннях; *в* – зібрані за системою Ліпп з різними випускними пристроями

Захоплюючі пристрої лебідок переставляють вниз і силос знову піднімають. Таким методом монтують увесь силос. При монтажі всі стики замазують спеціальною мастикою, пластичність якої не втрачається в діапазоні температур від -20°С до 40°С по закінченню монтажу місце опори силосу на фундамент бетонують для створення ущільнення, яке необхідне при активній вентиляції.

Бригада монтажників із 6 чоловік збирає 6 таких силосів (марка їх БН-600) на протязі 4 тижнів.

Трудомісткість монтажу силосу складає 24 людино-дня на 1 силос ємністю 600 т без монтажу технологічного обладнання.

Зовнішній вигляд силосу (варіант), зібраного по цьому способу, показаний на рис. 3.64. Зазвичай діаметр його від 3 до 37 м, висота – 15-20 м. Стіни виконані із оцинкованих хвилястих листів з болтовими з'єднаннями. Товщина листів, в залежності від габаритів силосів,

коливається від 1 до 6 мм. Силос посилюється вертикальними стійками.

На рис. 3.63, *б* показано спосіб збірки круглого силосу із сталевих кілець заводського виготовлення на болтах.

На рис. 3.63, *в* приведена система Ліпп, яка показує собою спіралеподібну конструкцію із оцинкованої або нержавіючої сталі. Корпус силосу виготовляється за допомогою навиваючої машини з роликами, які безперервно закріплюються згортанням в спіраль металічної стрічки, формуючи корпус силосу. Дах та інші елементи збираються на землі і монтуються по мірі формування корпусу. Зібрана конструкція за допомогою підйомника встановлюється на місце.

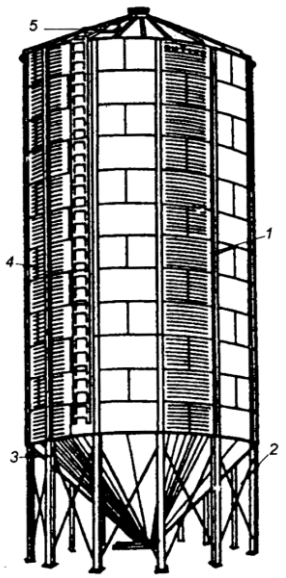


Рис. 3.64. Металеві силоси із хвилястих листів

1 – стійка; *2* – зв’язки; *3* – колона; *4* – хвильова панель; *5* – крівля

В швейцарській конструкції стальних силосів основним елементом є листи хвилястого профілю, простір між якими заливають бетоном після встановлення стінового елементу на місце. На думку швейцарських спеціалістів, ця конструкція на 10-20 % здешевлює будівництво в порівнянні з залізобетонними силосами, зведеними методом ковзаючаї опалубки.

У Франції і Нідерландах одержали розповсюдження квадратні і багатогранні силоси із складчастими профілями (див. рис. 3.65, *а*). Форма силосів – правильний шести- , восьмигранник або квадрат. Силос збирається із панелей (листи товщиною 0,2-0,4 мм, шириною 2,0-2,6 мм), які мають складчастий профіль, який окаймлений вертикальними ребрами. Ребра сусідніх панелей стикують між собою на зваренні. Загальна висота таких силосів – 25 м.

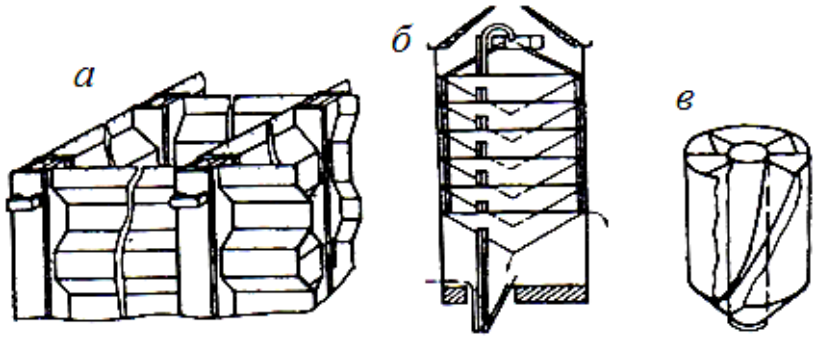


Рис. 3.65. Металеві силоси

а – зі складчастих панелей; *б* – з конусних воронок; *в* – з спіральними стінами

Будують силоси із силосних воронок, які розташовують по вертикалі один над одним (див. рис. 3.65, *б*). Такі силоси часто групують в корпуси різного типу з утворенням «зірочок» зі вставкою вертикальних складчастих панелей.

Є проекти силосів зі стінами виконаних у вигляді конічних жалюзей, силоси з концентричними стінами і зі спіральними стінами (зовнішніми відсіками гвинтоподібної форми), показаними на рис. 3.65, *в*.

В Японії будують силоси, які мають двійну стінку з повітряним прошарком і облицьовуванням алюмінієм, що підвищує теплоізоляцію стін.

В деяких випадках будують повністю металеві елеватори. Силосні корпуси цих елеваторів, як правило, складаються із 15 силосів діаметром 7,2 м з плоскими вставками, висота силосів 32 м. Їх виготовляють із листової сталі з горизонтальними і вертикальними ребрами. Зовнішні стіни мають шар теплоізоляції з алюмінієвою

обшивкою. Робоче приміщення елеватора розміром в плані 8×19,3 і висотою 45 м, є каркас із прокатних профілів, огородження із профільованих оцинкованих сталевих листів з шаром теплоізоляції, крівля з рифленим настилом по балкам.

Збірні елеватори самопливного типу оригінальної конструкції виготовляє одна із канадських компаній. Ємність елеваторів – 5, 6, 25 і 100 тис. т. Силоси елеватора прямокутного перерізу, які нахилені до горизонту під кутом 30°. Монтуються із елементів лоткового типу довжиною 7 м і висотою, рівною половині перерізу силосу, встановлених в шаховому порядку. Нахил силосів забезпечується колонами різної висоти, які забиті у фундамент у вигляді свай.

Компоновка металевих силосів, способи їх завантаження зерном і розвантаження.

Вентилювання зерна

Компоновка металевих силосів. Металеві силоси можуть використовуватися як зерносховища, скомпоновані в силосні корпуси з одно-, двох- або більше лінійним однокрилим або двокрилим розвантажуванням силосів (див. рис. 3.66), з розвантажуванням силосів по колу (див. рис. 3.67).

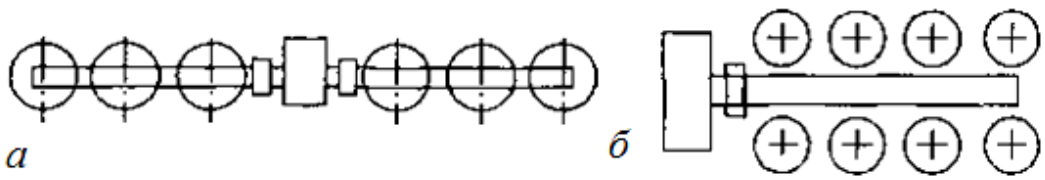


Рис. 3.66. Варіанти компоновки металевих силосів у силосні корпуси
а – двокриле однолінійне розміщення силосів; *б* – однокриле двохлінійне розміщення силосів

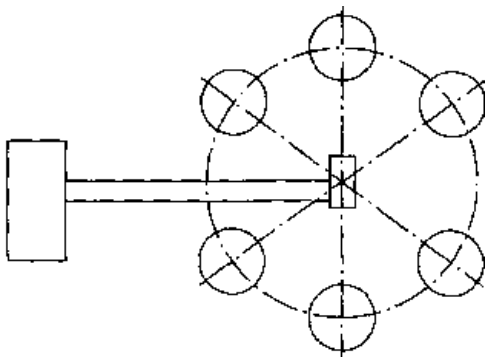


Рис. 3.67. Розміщення силосів по колу

Металеві силоси можуть використовуватись у виді окремо стоячих силосів.

Металеві силоси можуть ввійти в комплекс існуючого залізобетонного елеватора з різноманітною системою прив'язки до технологічного процесу. В цьому випадку висоту металевих силосів частіше всього приймають рівною висоті існуючих силосів.

На Україні металеві елеватори, поставлені в свій час із Чехословаччини. Зовнішній вигляд такого елеватора показаний на рис. 3.68.

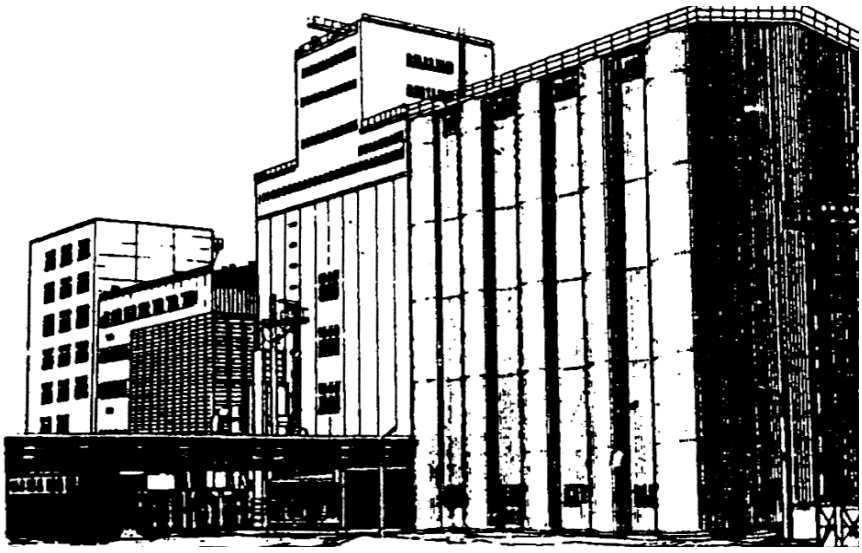


Рис. 3.68. Металевий силосний корпус конструкції ЧССР, збудований в м. Володимирі

Металевий елеватор складається із робочого приміщення, двох силосних корпусів ємністю по 25 тис. т кожен, приміщення зерносушарки, пилових бункерів, з'єднаних галерей. Елементи конструкцій з'єднані в основному зварюванням. Всі будівлі елеватора обшиваються профільованими алюмінієвими листами.

Силосний корпус складається із 18 круглих силосів діаметром 7,6 м. Силоси розташовуються – в ширину по 3 силоси, в довжину – по 6.

Утворюють 10 «зірочок» (чотири силоси і стінки між ними утворюють «зірочку»). Висота корпуса 42,5 м, висота силосної частини – 30 м.

Робоче приміщення має 12 поверхів, розмір в плані 29,5×8,4 м, висота – 53,6 м. Стіни робочої будівлі із алюмінієвого листа подвійні, з прошарком із мінерального волокна.

Вказані металеві силосні корпуси мають бути прив'язані і до робочих приміщень елеваторів із залізобетонних конструкцій.

Способи завантаження і розвантаження. Завантаження силосів зерном проводиться стрічковими або скребковими конвеєрами, які встановлюють в надсилосній галереї або самопливом з норії, встановленій в норійній або робочій вежі (рис. 3.69).

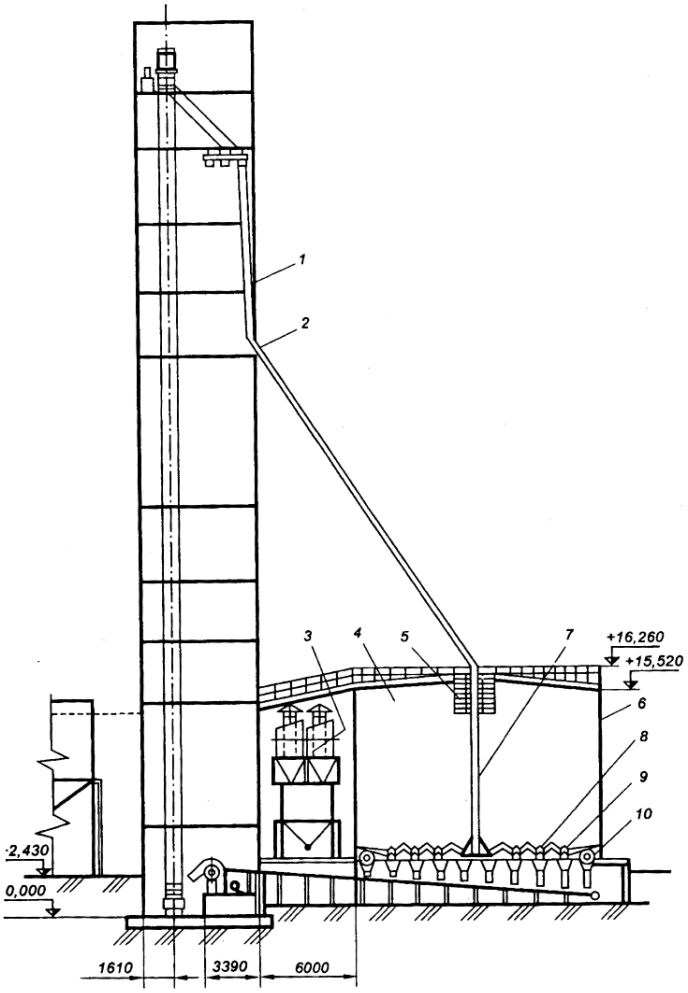


Рис. 3.69. Прив'язка металевого зерносховища до елеватора

1 – робоча вежа елеватора; *2* – самопливна труба; *3* – бункер для відходів; *4* – металевий силос; *5* – майданчик для спостережень; *6* – корпус; *7* – центральна стійка; *8* – випускний пристрій; *9* – аерожолоба; *10* – вентилятор

Розвантаження зерна відбувається:

а) із силосів з конусним днищем самопливом на стрічковий або скребковий конвеєр підсилосної галереї, якщо така передбачена, або за допомогою самопливної труби і шнека-підбирача;

б) із силосів з плоским днищем самопливом на підсилосний конвеєр скребковий або стрічковий. Залишки зерна відділяються за допомогою скребкових конвеєрів, або шнеків, або за допомогою аерожолобів. На рис. 3.70 показані способи завантаження і розвантаження циліндричних металічних силосів, які застосовуються в закордонній практиці.

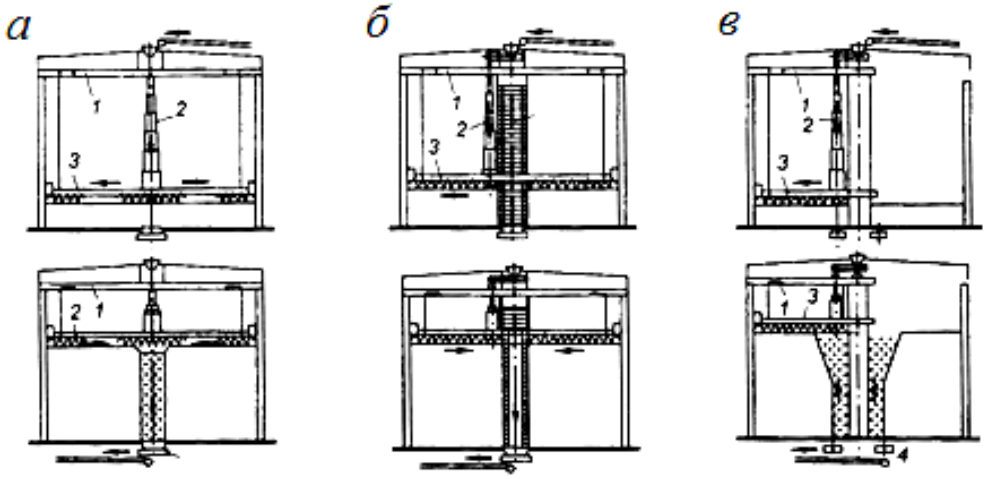


Рис. 3.70. Способи завантаження і розвантаження циліндричних металевих силосів

а – без центральної колони; *б* – із центральною колоною, яка має пази; *в* – із центральною колоною; *1* – обертовий підвісний міст; *2* – телескопічний самоплив; *3* – розподільний шнек; *4* – розвантажувальний механізм

Роздивимось варіанти розвантаження зерна із металевого бункера однієї із конструкцій, які застосовуються в Угорщині.

По схемі, яка показана на рис. 3.71, 2/3 зерна, яке знаходиться в силосі, розвантажується через вмонтовану трубу *1*, яка встановлена на двох стійках *2*. Труба має отвір *3* для очищення і відбору зразків, а також запірну засувку – регулятор. Вздовж силосів розташований збірний конвеєр *4* для переміщення зерна. Залишок зерна 1/3 від загальної маси не розвантаженого через центральну трубу, розвантажується за допомогою шнека *5*, розташованого під кутом 35-35,7 °С. Шнек приводиться в дію від електродвигуна за допомогою клино-пасової передачі.

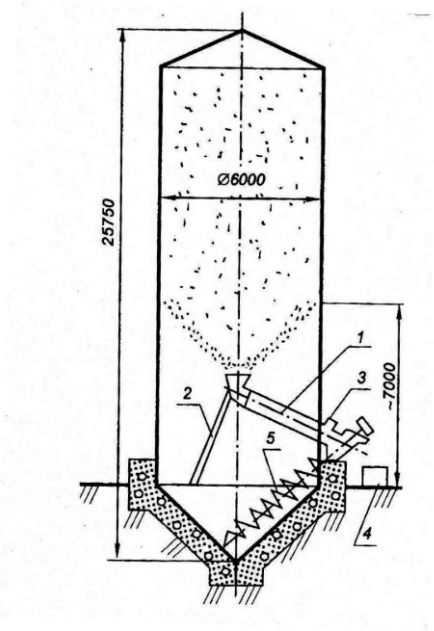


Рис. 3.71. Варіант розвантаження металевого силосу за допомогою шнека

При наявності збірного конвеєра силоси можуть бути розташовані в один або два ряди.

По варіанту, показаному на рис. 3.72, розвантаження зерна відбувається через самоплив на конвеєр, який встановлений в підсилосній галереї.

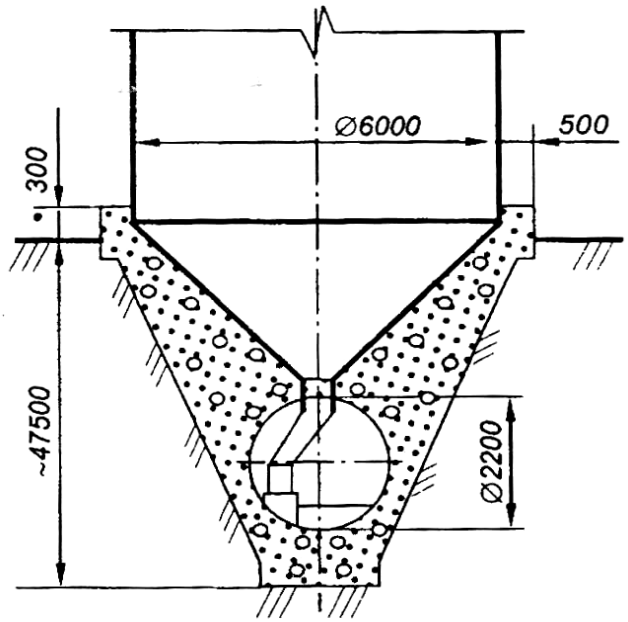


Рис. 3.72. Варіант розвантаження зерна з металевого силосу на нижній конвеєр

Інститут Госндісредазпромзернопроект запропонував пристрій для розвантаження залишків зерна без присутності людей всередині силосу. Робочими органами пристрою є дві рухомі стріли зі скребками, що рухаються по поверхні зерна за допомогою лебідок, які встановлені зовні силосу, підгрібають зерно до випускних отворів.

Вентилювання зерна. Металеві силоси зазвичай облаштовуються установками для активного вентилювання зерна з подачею повітря через перфоровані труби, перфороване днище або спеціальні повітряні канали.

Система, яка застосовується за кордоном для вентилювання, сушіння, охолодження і розвантаження зерна із зерносховища, відображена на рис. 3.73.

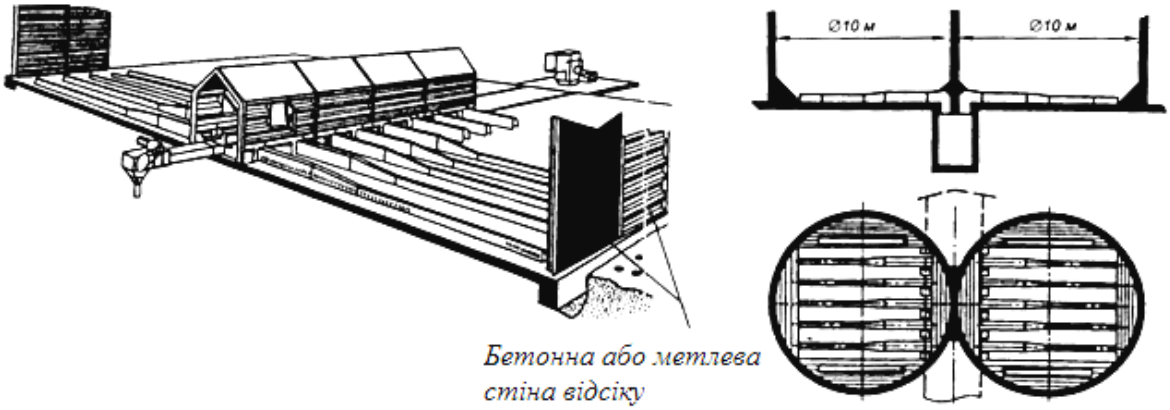


Рис. 3.73. Система вентилювання, яку одночасно використовують для сушіння, охолодження і розвантаження зерна із сховища

На рис. 3.74 показані способи вентилювання зерна, які використовуються канадськими фермерами в металевих силосах невеликої місткості. Для вентилювання зерна застосовують як холодне (атмосферне), так і підігріте в електрокалорифері повітря.

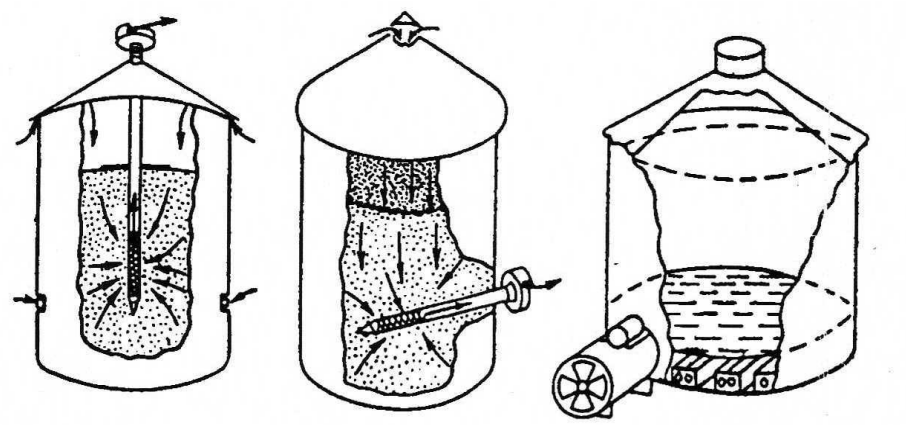


Рис. 3.74. Вентилювання зерна в металевних силосах

В нашій країні застосовуються так названі аероднища (аерожолоба), принциповий пристрій, який показано на рис. 3.75 і 3.76. В металевому зерносховищі є дві самостійні секції (I і II, рис. 3.76), кожна з яких має по 8аерожолобів і самостійний повітряно-підвідний канал (з перерізом 900×600 мм), який розміщений зовні зерносховища. Повітря для транспортування зерна подається двома вентиляторами Ц-4-70 №12. Для відбору і видалення пилу, який

утворюється під час розвантаження, над випускними воронками всередині сховища встановлений відвідний колектор, який конструктивно виконаний із металу у вигляді герметичного коробу.

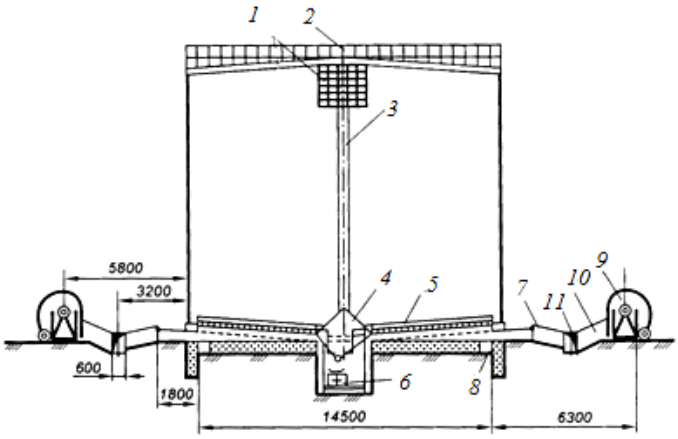


Рис. 3.75. Металеве зерносховище з аерожолобами

1 – майданчик для спостереження; *2* – огорожа; *3* – центральна стійка; *4* – відвідний колектор; *5* – аерожолоб; *6* – конвеєр; *7* – задвижка; *8* – підвідний канал для вентиляції; *9* – вентилятор; *10* – дифузор; *11* – розподільчий повітропровід

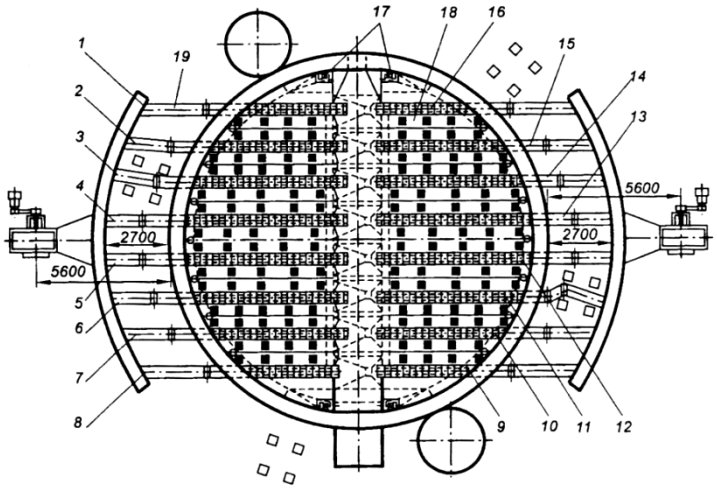


Рис. 3.76. План металевого зерносховища з аерожолобами

1 – 16 – аерожолоби з повітрепідвідними патрубками; *17* – осьові вентилятори; *18* – розсікачі; *19* – повітряно-підвідний канал

У днищі металевого зерносховища вказаного діаметра є 10 випускних воронок і 16 аерожолобів, відстань між якими дорівнює 1450 мм.

Максимальна довжина аерожолобу – 6850 мм. На початку і в кінці його встановлені спеціальні фіксуючі заслінки, які призначені для надходження повітря в аерожолоб і відведення його із аерожолобу.

Після виведення зерна із сховища самопливом через випускні воронки на стаціонарний стрічковий конвеєр нижньої галереї в повітропривідний канал вентилятором подається стиснене повітря. При цьому заслінки на вході і виході аерожелоба відкриваються. Повітря, яке проходить через лускате сито, подає шар зерна в псевдозрідженому стані і транспортує його на протязі всієї довжини до випускних лійок на стрічковий конвеєр. При розвантаженні зерносховища можуть працювати всі аерожолоба.

Перед початком завантаження зерносховища зерном фіксуючі заслінки в кінці аерожолобу повинні бути закриті.

Аерожолоби можуть застосовуватись і для активного вентилювання. Принцип роботи установки при цьому наступний: відкриваються всі фіксуючі заслінки в підвідних патрубках аерожолобів обох секцій. Після цього вентиляторами повітря подається під повітророзподільну решітку аерожолобів і через випускні щілини для зерна виходить у вентильований насип. При цьому заслінки на виході повинні бути закритими.

Крім аерожолобів для розвантаження зерносховищ встановлюють обладнання для аерації, яке призначене для переведення зерна на різні режими зберігання (літній та осінньо-зимовий періоди). В комплекс входять 4 основних вентилятори, 2 повітропривідних канали і 14 розподільників (по 7 з кожної сторони).

Повітропідвідний канал виконаний з металу і вмонтований в днище металевого зерносховища (по внутрішньому периметру кільцевого фундаменту). Розміри канали каналу 500х600 мм.

Розподільники виконані із листової сталі товщиною 4 мм або із бетону з кутами нахилу при основі 36°, висотою – 650 мм і розташовані між аерожолобами. Перфоровані майданчики закриті зверху лускатими ситами.

За необхідністю металеві силоси можуть бути облаштовані установками для охолодження зерна.

3.5. Сховища в середовищі інертного газу

На комбікормових підприємствах для зберігання комбікормів і вихідної сировини, особливо трав'яного борошна, застосовується генератори типу ГНС і апарати очищення вуглекислого газу типу АО.

У генераторі типу ГНС в якості палива використовують природний або зріджений газ і призначений для зменшення в атмосфері елеватора вмісту кисню до 1…3 % зі збільшення вмісту вуглекислого газу до 10…13 %. В подібному середовищі зберігають компоненти комбікормів, жири і деякі інші продукти.

Друга група продуктів – вологі зернові, олійні і соковиті і рослинні продукти – не переносять підвищеного вмісту вуглекислого газу. При зберіганні цієї групи продуктів вуглекислий газ належить повному або частковому очищенню. Її проводять в апаратах типу АО, використовують активоване вугілля як адсорбент вуглекислого газу.

Генератор ГНС – 1. Схема його представлена на рис.3.77. Основні елементи генератора ГНС-1 : пальник *6*, камера згоряння *12*, перша *16* та друга *23* ступені водяного холодильника, конденсатозбірник 25 і шафа приладів. В комплект генератора ГНС-1 входить компресор 016Б *1*.

Пальник *6* змішувального типу з примусовою подачею газу і повітря. Він призначений для попереднього сушіння природного або зрідженого газу з повітрям.

Пальник складається із корпуса, всередині якого проходять потік повітря. Навколо корпуса розташоване кільце, із якого газ виходить чотирма ступенями і розсікає під прямим кутом потік повітря. В нижній частині пальника закінчується приготування суміші газу з повітрям. Тут же розташована свічка запалювання *7*. Спостереження за її роботою здійснюється через оглядове вікно пальника *8*, а за розпалюванням і процесом горіння в камері – через оглядове віконце *11*.

Камера згоряння *12* виконана зі сталі марки СТ 3. Всередині камери згоряння знаходиться зерненний каталізатор *10*, в якості якого

застосований бита цегла із хромомагнезиту з розміром частинок 25…30 мм. Верх камери згоряння перекритий керамічним вогнестійким кільцем *9*, а низ кріпиться на холодильнику. Рубашка водяного охолодження циліндрична, розташована навколо камери згоряння.

Перший ступінь холодильника складається із двох змійовиків. Менший із них – *15* розташований всередині більшого *14*. Обидва змійовики розміщенні в трубі, яка кріпиться фланцями до камери згоряння *12*, а знизу вона опирається на конденсатозбірник *25*. Весь простір між великим із меншим змійовиком заповнений спеціальною речовиною з розміром частинок 15…20 мм. В другій ступені холодильника знаходиться змійовик *22*, каплевідбірник *21* і зливна труба *26*, по якій стікає відділений в каплевідбійнику конденсат.

Основою генератора служить конденсатозбірник *25*. Об'єм його розташований таким чином, що ввесь одержаний за одну зміну конденсат займає тільки 60% його об'єму. В корпусі конденсатозбірника розташований пристрій контролю рівня конденсату *28* – сигналізатор рівня води типу РУС-3М, внизу – зливний трубопровід *24*. Генератор розташований в шафі, в правій частині якої знаходиться пристрій для спостереження за режимом роботи. Всередині шафи розташовані пристрої автоматики. Генератор ГНС-1 працює наступним чином. Газ і повітря надходять в пальник *6*, перемішуються, і на виході із нього готова газоповітряна суміш підпалюється свічкою *7*. Горіння газу починається у верхньому шарі зернистого хромомагнезиту *10* і закінчується на виході із камери згоряння. В холодильнику першого ступеню *16* на змійовиках *14* і *15* відбувається інтенсивне охолодження продуктів згоряння газу.

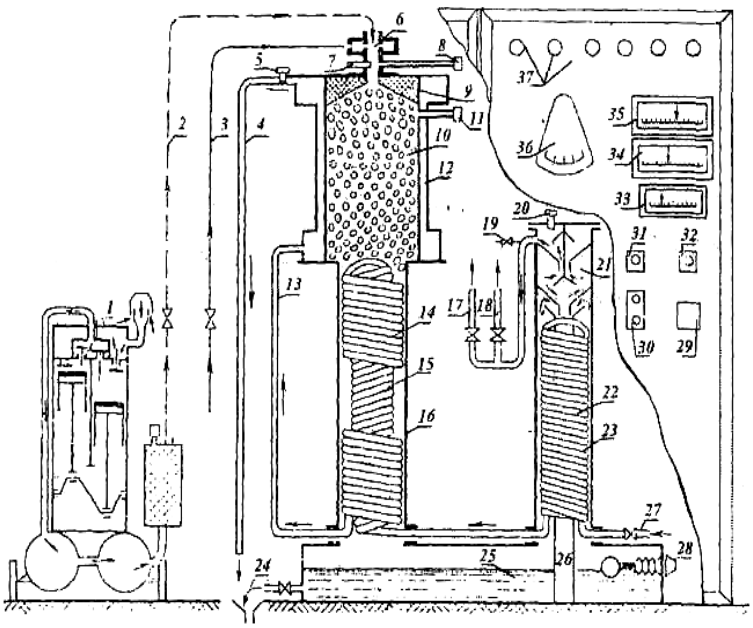


Рис. 3.77. Схема генератора ГНС-1 для створення середовища інертних газів у сховищах:

1 – компресор 016Б; *2* – повітропровід; *3* – газопровід; *4* – злив води; *5* – перетво-рювач; *6* – пальник; *7* – свічка запалювання; *8*, *11* – оглядові віконця; *9* – кільце; *10* – каталізатор; *12* – камера згоряння; *13* – водопровід; *14*, *15*, *22* – змійовики; *16* – перша ступінь холодильника; *17* – викиди РГС в атмосферу; *18* – вихід РГС в сховище; *19* – відбір РГС на аналіз; *21*, *22* – краплевідбірник; *23* - друга ступінь холодильника; *25* – конденсатовідбірник; *26* – зливний трубопровід; *27* – вихід води; *28* – сигналізатор рівня води; *29* – вимикач; *30* – пускач; *31* – пальник; *32* – звуковий сигнал; *33* – пристрій для вимірювання температури РГС; *34*, *35* – пристрій для вимірювання тиску газу та повітря; *36* – пристрій для вимірювання температури води; *37* – сигнальна лампа

Якщо в шарі дробленого хромомагнезиту горіння відбувається при температурі, близькій до 2000 °С (2273 К), то внизу холодильника першого ступеню температура продуктів згоряння знижується до 50°С(323К), так як охолодження продуктів згоряння в холодильнику першого ступеню відбувається нижче точки роси, то внизу його починається виділення конденсату, який стікає в конденсатозбірник *25*. Далі продукти згоряння надходять в холодильник другого ступеню

23. Тут їх температура знижується з 50 °С (323К) до 10…25 °С (283…298К).

По мірі зниження температури продуктів згоряння в холодильнику другого ступеню із них продовжує виділятися конденсат, який разом з краплями води, виноситься продуктами згоряння, відділеними в каплевідбірнику *21*, зливається в конденсатозбірник *25*.

Вода із конденсатозбірника періодично (один раз в зміну) зливається в каналізацію. Так як каталізатор в камері згоряння ще не прогрітий і в продуктах згоряння можуть залишатися незгорілі компоненти газу. Ці продукти в початковий момент викидаються в атмосферу по трубопроводу *17*. Через 10…15 хв. тепловий режим досягається і горіння здійснюється повністю. Продукти згоряння РГС направляються по трубопроводу *18* на елеватор.

Таблиця 3.1

Технічна характеристика генератора ГНС-1

Продуктивність по РГС, $м^3$/год	30
Тиск РГС, гПа	35
Температура РГС,°С(К)	10…25 (283…298)
Відносна вологість РГС,%	100
Склад РГС,%: Кисень	 0,5…1,01
Вуглекислий газ	13,5…11,0
Азот	86…88
Тиск газу перед генератором, кПа	100…600
Тиск газу перед пальником, кПа	150
Витрати газу, $м^3$/год: Природного Зрідженого	 3,4 1,2
Тиск води на вході в генератор, кПа	100…600
Витрати води, кг/год з застосуванням градирні	250
Без застосування градирні	600
Температура води на виході із генератора, °С(К)	60(333)

Габаритні розміри генератора, мм: Довжина Ширини Висота	 1418 780 1700
Маса, кг	505

В системі охолодження генератора здійснюється послідовне нагрівання води. Холодна вода з водопроводу подається в холодильник другого ступеню *23* по водопроводу *27*. Із змійовика *22* вона поступає в змійовик першого ступеню охолодження. По водопроводу *13* вона направляється в рубашку охолодження камери згоряння *12*, а звідти вона зливається в каналізацію по водопроводу *4*. На виході із генератора температура нагрітої води не перевищує 60 °С (333 К). Така межа температури встановлена в зв’язку з тим, що при температурі води вище 65…70 °С (338…343 К) утворюється накип на поверхнях охолодження камери згоряння. Тому виникає необхідність в періодичному очищенні накипу, що значно ускладнює експлуатацію.

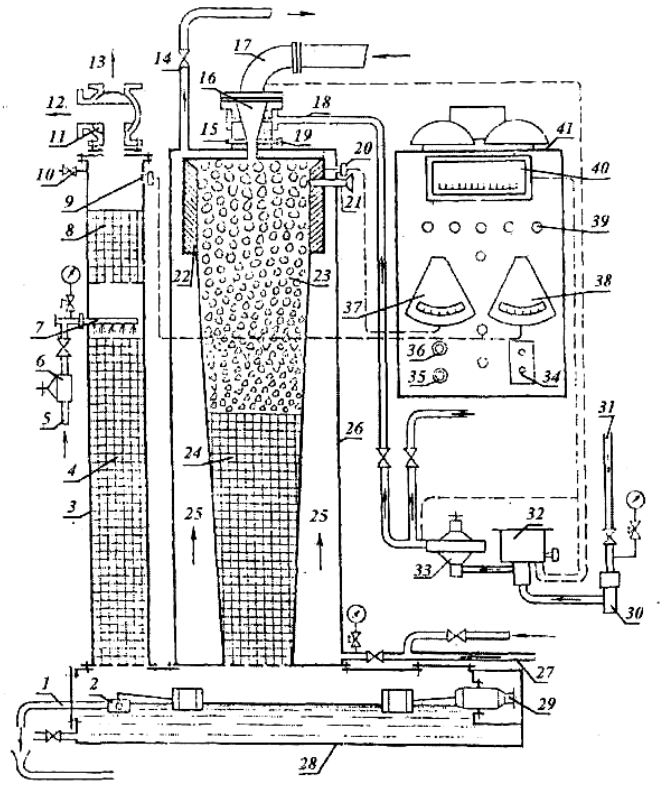


Рис. 3.78. Схема генератора ГНС-2А

1 – злив води; *2* – регулятор злива води; *3* – холодильник; *4*, *24* – кільця Ролінга; *5*, *27* – водопровід; *6* – регулятор витрат води; *7* – водорозподільник; *8* – відбірний шар; *9* – перетворювач температури; *10* – місце відбору РГС на аналіз; *11* – кран; *12*, *13* – вихід РГС в атмосферу; *14* – вихід нагрітої води; *15* – свічка запалювання; *16* – пальник; *17* – повітропровід; *18* – газопровід; *19*, *21* – оглядові віконця; *20* – перетворювач температури; *22* – тунель; *23* – конденсатовідбірник; *29* – сигналізатор рівня води РУС-3м; *30* – фільтр; *31* – вихід газу; *32* – блок безпеки; *33* – регулятор тиску газу; *34* – пускач; *37*, *38* – прилади для вимірювання температури води і РГС; 39 – лампочка світлового сигналу; *40* – прилад тиску газу; *44* – шафа керування

Генератор ГНС-2А складається із пальника *16*, камери згоряння *26*, конденсатозбірника *28*, контактного водяного холодильника *3*, шафи приладів *41* і газорегуляторного вузла 30…33.

Пальник генератора *16* по конструкції і принципу дії аналогічний пальнику генератора ГНС-1. Відрізняється він більшою продуктивністю і наявністю змінних сопел, які дозволяють використовувати генератор на природному або зрідженому газі.

Камера згоряння *26* безтопочного типу з рубашкою водяного охолодження *25*. Вона складається із двох стальних обичайок, розташованих одна в другій і з’єднаних в єдину конструкцію верхні і нижнім фланцями. Простір між зовнішньою і внутрішньою обичайкою – це порожнина водяного охолодження *25* камери згоряння. Пальник кріпиться до водоохолодженого фланця на зварюванні, який з’єднаний болтами з фланцем камери згоряння. В цих фланцях є отвір для приходу води. Нижній фланець в області внутрішньої труби перфорований для виходу продуктів згоряння із камери згоряння. В верхній частині камери згоряння розташований керамічний тунель *22*. Всередині тунелю і нижче його знаходиться зернистий хромомагнезит *23*, а після нього – кільця Ролінга 25×25 мм. Контактний холодильник *3* заповнений в нижній частині кільцями Ролінга 25×25 мм. Над кільцями Ролінга знаходиться водорозподільна труба *7* з отворами Ø2 мм. Вверху контактного холодильника розташований відбійний шар *8* із кілець Ролінга 25×25 мм. На

верхньому фланзі контактного холодильника розміщений трьохходовий кран *11*.

Камера згоряння і контактний холодильник з'єднані в єдину конструкцію конденсатозбірником *28*. Він виконаний із швелера №20 і має прямокутну форму. В конденсатозбірнику розташований регулятор зливу *2* і сільфонне реле рівня *29* РУС-3М.

Газорегуляторний вузол складається із манометра, який показує тиск газу перед генератором, фільтру очищення газу *30*, блоку безпеки *32*, регулятора тиску газу *33* і трубопроводів надходження газу до пальника генератора і продувки газу в атмосферу. Блок безпеки *32* складається із прибору контролю максимального і мінімального тиску газу і повітря, клапана-відсікача подачі газу з мікровимикачами, які сигналізують про причину вимкнення генератора.

При тиску генератора ГНС-2А газ подається по трубопроводу *31* під тиском 150…600 кПа через клапан-відсікач до регулятора, який знижує тиск до 150кПа, і, в перший момент, продувається через спеціальний трубопровід в атмосферу на протязі 1 хв, після чого направляється в пальник *16* генератора, змішується з повітрям із повітропроводу *17* в живильнику і підпалюється від свічки запалювання *15*. На вході в шар і зернистого хромомагнезиту *23* починається горіння, яке закінчується на глибині 250 мм, обмеженої висоти керамічного тунелю *22*. В зоні керамічного тунелю *22* розвиваються значно вищі температури, які наближаються до 2000 °С (273 К).

Спалювання газу в шарі хромомагнезиту дозволяє добитися ефективного до спалювання горючих компонентів в продуктах згоряння при високих напругах топочного об'єму, сягаючих 3 млн ккал/($м^3$·год). Низький коефіцієнт надлишку повітря а = 1,02 (надлишковий кисень в продуктах горіння – не більше 0,4…0,6 %) перешкоджає утворенню окислів азоту. Все це дозволяє одержати чисті продукти горіння в генераторах типу ГНС.

Інтенсивне охолодження продуктів горіння починається відразу після керамічного тунелю *22*. Проходячи через шар зернистого хромомагнезиту *23* кілець Ролінга *24*, потік продуктів горіння багатократно торкається з холодною стінкою водяної рубашки *25* і на вході в конденсатозбірник понижує свою температуру до 60…70 °С

(333…343 К). Подальше охолодження продуктів горіння здійснюється в контактному холодильнику *3*. Тут назустріч продуктам горіння по шару кілець Ролінга *4* подається вода по водорозподільній трубі із міського водопроводу. Безпосередній контакт продуктів згоряння з холодною водою на поверхні біля 20 м^2, яку мають кільця Ролінга, дозволяє більш ефективно охолоджувати продукти горіння, чим в трубчатих змійовиках конструкціях водяних холодильників. Продукти згоряння РГС на виході із шару кілець Ролінга *4* виносять з собою частину крапельної вологи. Після відбійного шару *8* температура РГС не перевищує 25 °С (298 К), причому в зимовий період вона складає 8…14 °С (281…287 К), а в літній – 20…25 °С (293…298 К), як наслідок, температура РГС завжди тільки на 2…3 °С вище температури охолодженої води.

Кількість тепла, яке виробляється генератором ГНС-2А, складає біля 120 тис. ккал/год. Це побічний продукт, тому він підлягає видаленню із системи генератора. Для цього в рубашку охолодження *25* камери згоряння *26* подається вода по водопроводу *27*. Піднімаючись уверх, вода знімає тепло з внутрішньої стінки камери згоряння.

Максимальне знімання тепла відбувається у водоохолодженій кришці камери згоряння, де знаходиться зона максимальних температур. Вода, нагріта до температури 60°С (333К) по водопроводу направляється в каналізацію або градирню на охолодження.

Система розпалювання і автоматики охорони в генераторі ГНС-2А аналогічна генератору ГНС-1. Прилади показань дещо змінені. Так, виключений прилад контролю тиску повітря, контроль температури РГС на виході із генератора виконується манометричним термометром ТСМ-100. Тиск газу на вході в генератор, води в камері згоряння і в контактному холодильнику контролюється манометрами.

Продуктивність генератора ГНС-2А в 3 рази вище, чим у генератора ГНС-1, а габаритні розміри і маса приблизно такі ж.

Технічна характеристика генератора ГНС -2А приведена в таблиці 3.2.

Найефективнішим вважається зберігання трав'яного борошна в середовищі інертних газів – азоту, двоокису вуглецю, очищених від

шкідливих домішок газів топок і газогенераторів. Витрати поживних речовин у цьому випадку найменші. Збереження каротину досягає 70-100%. Та для цього способу зберігання потрібні геометричні споруди і спеціальне обладнання. Це застосовують на великих комбікормових заводах та інших сільськогосподарських підприємствах.

Таблиця 3.2

Технічна характеристика генератора ГНС-2А

Продуктивність по РГС, $м^3$/год	60…100
Тиск РГС, гПа	35
Температура РГС,°С(К)	8…25 (281…298)
Відносна вологість РГС,%	100
Склад РГС,%: Кисень	 0,5…1,0
Вуглекислий газ	13,5…11,5
Азот	решта
Тиск води на вході в генератор, кПа	100…600
Витрати води, кг/год з застосуванням градирні	250…600
Без застосування градирні	1200…2000
Температура води на виході із генератора, °С(К)	60(333)
Габаритні розміри генератора, мм: Довжина Ширина Висота	 1200 600 1840
Маса, кг	554

3.6. Автоматизація управління виробничими процесами на елеваторах

Сучасний елеватор представляє собою комплекс високомеханізованих технологічних ліній, на якому всі операції, які пов’язані з прийманням, обробкою, зберіганням і відпуском зерна повністю механізовані.

Для подальшого скорочення важкої ручної і некваліфікованої праці, збільшення продуктивності, зниження витрат енергії і

собівартості продукції, збільшення прибутку і рентабельності роботи підприємств необхідна автоматизація управління виробничим процесом.

Технологічний процес на елеваторі характеризується великою кількістю транспортних маршрутів, по яким здійснюється приймання, реалізація і відпуск зерна. Початком маршруту зазвичай враховують засувку під порожнім силосом, кінцевим – верхній датчик заповненого силосу.

Дистанційне автоматичне управління цими маршрутами забезпечує включення транспортних і технологічних машин в звичайній послідовності і подачу зерна в необхідній кількості із місця розвантаження до місця завантаження.

Управління матеріальними потоками зв'язано з перемиканням потоку руху сировини і готової продукції. Ці операції виконують регулюючі органи (засувки і клапани), які керуються за допомогою виконуючих механізмів.

До їх числа відносять компактні, прості і дешеві автоматизовані виконуючі механізми, які розвивають достатні зусилля для регулювання ступеня відкриття і закриття засувок; надійні датчики рівня зерна і продуктів його переробки з подачею відповідних імпульсів на автоматичне закриття засувок і зупинку машин при виникненні перешкод для проходження потоку зернопродуктів по маршруту; вологоміри зерна, які здатні автоматично контролювати вологість зерна при сушінні та ін.

Виконуючі механізми

На елеваторах найбільшого розповсюдження одержали датчики рівня. Вони застосовуються при контролі рівня сипких матеріалів в силосах, бункерах і оперативних ємностях, а також при контролі стану транспортуючого продукту в самопливах і норіях.

В зв'язку з тим що фізико-механічні властивості сипких продуктів (зерно, крупа, борошно та ін.) різні, були створені декілька типів датчиків для того, щоб повніше задовольняти вимоги надійності, точності і вартості. В теперішній час знаходять застосування простіші мембранні і фланкові датчики контактної дії, електронні – ємкісного принципу дії.

Мембранні датчики рівня МДУ-3, МДУ-3М, МДУ-3СМ застосовують на хлібоприймальних підприємствах для контролю рівня з високою сипкістю матеріалів. Відмінною особливістю мембранних датчиків являється простота і низька вартість.

На сьогоднішній день серійно випускають нові мембранні сигналізатори рівня СУМ-1 і СУМ-1-01, які призначені для попередження аварійного накопичення зерна і продуктів його переробки із самопливів, які підводять і відводять зерно в зернопереробних машин (СМУ-1), а також для контролю рівня сипких матеріалів у виробничих ємностях (СМУ-1-01). В цих сигналізаторах в основному ліквідовані недоліки, які властиві датчикам рівня МДУ.

Сигналізатор рівня СУМ-1-01 – модифікація сигналізатора СУМ-1.

Також розроблений новий прапорцевий сигналізатор рівня СУГ-1, який призначений для контролю заповнення зерном і продуктами його переробки бункерів, силосів, самопливів зернопереробних машин.

Цей сигналізатор рівня встановлюють в силосах так, щоб струмені зерна не потрапляли на нього, а середина прапорця що висить вертикально, була б на висоті заданого рівня.

В елеваторній промисловості широке розповсюдження одержали електромеханічні виконуючі механізми Е8-УРВ, ТЕА, ЕПВ, РИМЗ, ПР, ИМ, МЕО, які встановлюються на перекидних клапанах, засувках і інших регулюючих органах.

Виконуючий механізм Е8-УРВ слугує для приводу рейкових засувок і перекидних клапанів. Завдяки простоті будови він одержав широке розповсюдження на підприємствах по зберіганню і переробці зерна.

Механізм Е8-УРВ не має датчиків для зворотного зв’язку і дистанційної передачі положення регулюючого органу.

Виконуючий механізм РИМЗ розроблений спеціально для підприємств по зберіганню і переробці зерна. Він може бути використаний для дистанційного і автоматичного управління засувками і клапанами. Від інших виконуючих механізмів він відрізняється вбудованою системою зворотного зв’язку положення

регулюючого органу. Ступінь відкриття засувки (величину ходу) можна регулювати кінцевими вимикачами.

Система дистанційного управління роботою елеваторів

До середини 90-х рр. близько 300 елеваторів були обладнані установками для дистанційного управління обладнанням з єдиного пульту, установками автоблокування і контролю за завантаженням норій і заповнення зернових ємкостей. Таке дистанційне управління (система ДУ) збільшує коефіцієнт використання машин і спрощує експлуатацію елеваторів.

В сучасний час на хлібоприймальних підприємствах комплексна автоматизація технологічних процесів на всіх ділянках здійснюється за допомогою систем диспетчерського автоматизованого управління (ДАУ).

Система ДАУ передбачає централізоване управління машинами і механізмами елеватора з єдиного пульту, а також місцевих постів управління для збільшення продуктивності і полегшення умов праці, оперативного ведення технологічного процесу, більш інтенсивного використання обладнання, покращення умов експлуатації і інше.

При впровадженні системи ДАУ в доповнення до системи ДУ вводиться дистанційне управління скидаючи візків, поворотними трубами з іншими механізмами, а також здійснюється контроль заповнення силосів зерном, розширений об’єм автоблокування.

В подальших розробках ДАУ елеваторами передбачається покращення систем автоматизації, збільшення автоблокування управління сепараторним вузлом і порційними вагами з пульту управління, що дозволяє підвищувати надійність цих систем, покращити їх обслуговування та скоротити чисельність обслуговуючого персоналу.

На Житомирському заводі «Промавтоматика» налагоджено виробництво пультів ПДУ-2М, які призначені для роботи в системі ДАУ на підприємствах борошномельної, комбікормової промисловості і елеваторно-складського господарства.

З пульту здійснюється дистанційне управління машинами і обладнанням технологічних ліній, сигналізація про роботу електродвигунів і заповнення бункерів, а також автоблокування, яке виконане відповідно з вимогами пуску і зупинки машин.

Зв’язок пульту ПДУ-2М з електродвигунами технологічного обладнання елеватора здійснюється через блоки, реле, релейні шафи, шафи управління і силові шафи, розподільні ящики з автоматичними вимикачами, які встановлюють в окремих приміщеннях – релейних пунктах (РП).

У відповідності з вимогами об’єктів ДАУ, деякими проектними і науково-дослідними організаціями розроблені блокові системи диспетчерського автоматизованого управління потоково-транспортними системами. Блоки, які відповідають вимогам функціональності, універсальності і простоти користування, дозволяють створювати системи ДАУ із готових елементів, з’єднання між якими визначаються технологічною схемою даного елеватора.

Такі системи економічні і зручні в обслуговуванні. В теперішній час блокові системи ДАУ експлуатуються на елеваторах Одеси, Полтави, Москви і ін.

Проектами автоматизації цих елеваторів передбачається: вибір і пуск транспортних механізмів, які приймають участь в маршруті при завданні диспетчером початкової і кінцевої точки маршруту; дистанційно-автоматизоване управління скидаючими візками, поворотними трубами, перекидними клапанами, вентиляторами; дистанційно зблоковане управління всіма засувками і регулювання відкриття підсилосних засувок на задану величину; зупинка любого, працюючого маршруту з доробкою (розвантаженням) зерна, яке знаходиться на стрічках транспортерів і норій; аварійна зупинка всіх механізмів елеватора.

Розроблені в проектах схеми забезпечують протизавальне блокування, автоматичне закриття засувок пустих ємностей, сигналізацію рівня зерна в ємностях, контролюють стан транспортних механізмів, положення засувок і роботу аспіраційних мереж. Пуск будь-якого маршруту попереджує звукова сигналізація.

Для всіх механізмів елеватора передбачені два режими роботи: диспетчерське автоматизоване і місцеве незаблоковане. Включення механізмів вантажопотоку здійснюється в напрямку, протилежному руху продукту. Перед зупинкою транспортних механізмів живильні ємності автоматично закриваються і транспортні механізми розвантажуються від зерна, тобто відбувається доробка. Засувки

відкривають ємності тільки при роботі відповідних транспортних механізмів. В аварійній ситуації транспортні механізми можуть бути зупинені без витримування часу: при цьому засувки живильних ємностей закриваються.

Пуск транспортних механізмів попереджує звукова поетапна сигналізація.

Розроблені функціональні блоки не прив'язані до одного типу елеватора і у випадку необхідності можуть забезпечити роботу практично любого елеватора. Змінюється тільки кількість використаних блоків.

Функціональна ознака побудови блоків являється найбільш зручним і перспективним з точки зору експлуатації системи ДАУ, дозволяючи при необхідності швидко знайти зіпсований блок і замінити його явно справним, резервним.

Звичайно на відшукування і заміну зіпсованого блоку минає не більше 10 хвилин, тоді як в системі, виконаній не по функціональній ознаці, обслуговуючий персонал при оглядах, ревізіях і ремонті апаратури основні профілактичні роботи змушений виконувати в незручних умовах. В той же час система, яка складається із функціональних, взаємозамінних блоків, дозволяє проводить ревізію або ремонт апаратури в лабораторіях або в спеціально облаштованих для цієї мети приміщеннях.

Автоматичний контроль температури в елеваторах

Установка МАРС-1500 призначена для автоматичного централізованого контролю температури зерна, яке зберігається в силосах елеваторів, на складах і в зерносховищах. Вона розрахована на роботу з термопідвісками ТП-1М, шістьма термометрами опору, кожний із яких підключається в індивідуальне плече вимірювального моста. Напруга з діагоналі моста поступає в машину, де зрівнюється з напругою моста установок. Кожна термопідвіска складається із головки, з'єднувальних ділянок семижильного кабелю-троса і мідних термометрів опору.

Установка МАРС-1500 один раз на добу, контролює кожну точку, яка зрівнює температуру в ній з заданою і якщо температура в контрольованій точці перебільшує задану, проводить реєстрацію фактичної температури з зазначеним номером точки на карті

відхилень. На протязі короткого проміжку часу (не більше 1 години) з достатнім ступенем точності (± 2,5°С) можна провести контроль температури більш як 1500 об'єктів.

Основні збірні одиниці установки МАРС-1500: центральний пульт, випрямляч типу ВТ і місцеві блоки, які розташовуються у надсилосному відділенні в безпосередній близькості від контрольованих об'єктів. Максимально можлива кількість місцевих блоків 24 шт.

Основні функції установки МАРС-1500: порівняння температури в контрольованих точках із заданою. Завдання температури проводиться для кожної термопідвіски.

При температурі в контрольованій точці вище 35°С включається аварійна (світова і звукова) сигналізація і реєстрація на карті відхилень проводиться червоним кольором.

На початку кожного циклу оббігання проводиться автоматичний контроль і перевірка основних функцій установки.

В установці МАРС-1500 передбачена реєстрація температури по виклику в будь-якому силосі (печатаються дані всіх термометрів опору термопідвіски).

Надійна безперебійна робота установки МАРС-1500 забезпечується при виконанні наступних умов монтажу і експлуатації.

Центральний пульт може бути максимально віддалений від контрольованих об'єктів не більше чим на 1 км.

Щомісячно слід проводити профілактичні огляди основних вузлів та блоків.

В сучасний час на елеваторах експлуатується більше 2000 систем дистанційного і автоматичного контролю температури зерна МАРС-1500 і М-5.

Для централізованого контролю і реєстрації температури зерна взамін установки МАРС-1500 прийнята установка М-5.

На відміну від МАРС-1500 в установці М-5 збільшено число точок контролю температури, скорочений час реєстрації температури кожного датчика, збільшена надійність роботи і зменшені габарити. Установка базується на застосуванні уніфікованих типових конструктивів УТК (шафи, блоки, печатні плати), має блоковий монтаж, що спрощує експлуатацію і ремонт її на підприємствах.

За допомогою установки М-5 можна контролювати температуру зерна, яке зберігається в силосах елеваторів, складах і інших зерносховищах, в автоматичному режимі, порівнювати її із заданою; реєструвати температуру на паперовому бланку друкованого пристрою в любій точці у випадку збільшення її в порівнянні із заданою; по виклику оператора проводить вимірювання і реєстрацію температури зерна любою термопідвіскою.

В якості датчиків температури використовуються термоперетворювачі опору ТСМ 50 Ом.

Установка забезпечує контроль температури зерна в 10 силосних корпусах, в кожному із яких можна встановити до 20 місцевих блоків. До кожного місцевого блоку можна підключити до 12 термопідвісок по 6 або 12 термоперетворювачів опору в кожному. Довжина термопідвіски повинна бути не більше 50 м. Сумарна величина внутрішнього опору термопідвіски і опору зв'язку до місцевого блоку – не більше 7,5 Ом. Діапазон вимірювання температури – від 0 до 50°С. Установка забезпечує одночасне для всіх точок контролю завдання однієї із установок температури, вибраної із ряду 15, 20, 25, 30, 35°С.

У випадку відхилення температури зерна від заданої на карті реєстрацію печатається номер точки виміру і значення температури. При перевищенні заданого значення параметр реєструється червоним кольором і загоряється лампа аварійної сигналізації. На початку кожної строчки печатається дата (місяць, число), яка встановлюється оператором по календарю.

Час дослідження однієї точки контролю в режимі порівняння (без реєстрації відхилень) 0,32 с, а час виміру і реєстрацію температури – не більше 4 с. Число точок контролю 14400, похибка при порівнянні температури зерна із заданою, при вентилюванні і цифровій реєстрації не перевищує 2°С.

Пульт управління установки М-5 призначений для завдання режимів її роботи, а також для індикації оббігання датчиків, термопідвісок, місцевих блоків і корпусів, основних несправностей і наявності живлення в ній. Показання АЦП чітко видно через вікно.

Оптимальний режим роботи установки: температура навколишнього повітря від 10 до 35 °С, відносна вологість повітря від

40 до 80 %, атмосферний тиск від 84 до 106 кПа, вібрація з частотою до 25 Гц і амплітудою не більше 0,1 мм.

Габаритні розміри установки 1600×650×700 мм; маса 200 кг.

В теперішній час розроблений новий термоперетворювач типу ТСМ-0180 (термопідвіска), який представляє собою багатозонний термометр опору з чутливими елементами. Термоперетворювач призначений для дистанційного вимірювання температури зерна в силосах елеваторів і складах взамін термопідвіски ТП-1М.

Термоперетворювач складається із пакета, захисного металорукава і головки.

Термоперетворювач кріпиться до об'єкту контролю шляхом установки головки в гніздо в перекритті елеватору так як і термопідвіска ТП-1М.

В теперішній час багато проектних, конструкторських, науково-дослідних інститутів і інші організації працюють над удосконаленням і розвитком систем автоматизації виробничих процесів на елеваторах.

З часом всі, які заново будуть будуватись і діючі елеватори, а також механізовані склади будуть оснащені засобами дистанційного автоматизованого управління в залежності від призначення, вантажообігу і ємності елеватора і забезпечені засобами зв'язку між окремими підрозділами; на них буде організований механізований бухгалтерський, оперативний і статистичний облік.

Крім цього, повинні бути здійснені:

- *механізація* і автоматизація лабораторних робіт по визначенню якості зерна при його прийманні від хлібоздавальників в потоці на всіх хлібоприймальних підприємствах, які забезпечують експресність, об'єктивність і точність реєстраці показників якості;

- *оснащення* елеваторів норіями, конвеєрами і автоматичними вагами з дистанційним управлінням великої продуктивності для забезпечення відвантаження зерна на залізну дорогу і водний транспорт в потоці без застосування вагонних вагів і в нормативні строки;

- *модернізація* вагового господарства, з тим щоб забезпечити зважування всіх видів транспорту, який перевозить зерно (без розчіплювання) і автоматичну реєстрацію результатів зважування;

- *розробка* заходів по дистанційній реєстрації температури зерна, яке зберігалось у всіх зерносховищах, за допомогою надійних термометричних установок і термопідвісок.

3.7. Міні-елеватори

Є загальноприйняте визначення елеватора, що ввійшло в технічний словник.

Елеватор – споруда для зберігання значних мас зерна, яка обладнана пристроями для приймання, зважування, сушіння, сепарування та відвантаження зерна.

Міні-елеватори – це невеликі по місткості і розмірам елеватори.

З міні-елеваторами в Україні знайомі не один десяток років, але підвищений інтерес до них з'явився за останні десятиріччя. Поява фермерських господарств і різних акціонерних товариств з високим ступенем самостійності вплинуло на потреби цих структур мати свої сучасні зерносховища – дешеві, компактні, невеликої місткості з розвинутим технологічним процесом і з високим ступенем механізації і автоматизації виробничих процесів.

Наявність таких зерносховищ в господарствах – виробників зерна – значно збільшують організаційний і якісний рівень очищення і сушіння зерна, забезпечують більш тривалий строк його надійного зберігання, зменшують транспортні витрати за рахунок більш ефективного використання власних транспортних засобів під час збирання врожаю і доставки зерна на елеватори в державний і регіональний фонди на протязі року, знижують витрати зерна.

З'являється можливість формувати невеликі товарні партії зерна (але здебільшого вони являються не конкурентоздатними) раціонально використовувати одержані відходи на фуражні цілі.

Міні-елеватори мають і інші помітні переваги, такі як швидкість спорудження з погляду на високу заводську готовність, економічність, використання обмеженої території, можливість зберігання насіннєвого зерна, більш низькі експлуатаційні витрати, в порівнянні з механізованими сховищами, надійність та легкість герметизації, простота узгодження з міні-підприємствами, виключення можливості

змішування різних партій зерна, високий ступінь пожежовибухобезпеки, зручність в експлуатації.

Виготовляються міні-елеватори в основному із збірного залізобетону і металу (рис.3.79, 3.80).

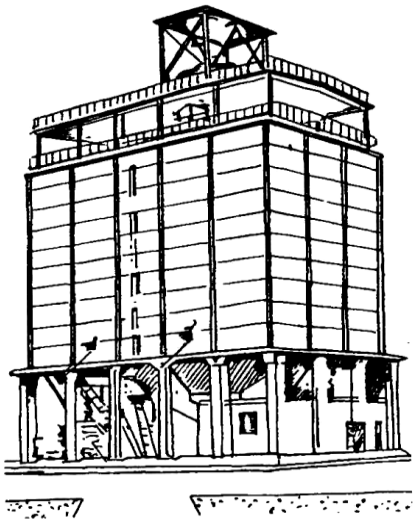


Рис. 3.79. Залізобетонний міні-елеватор

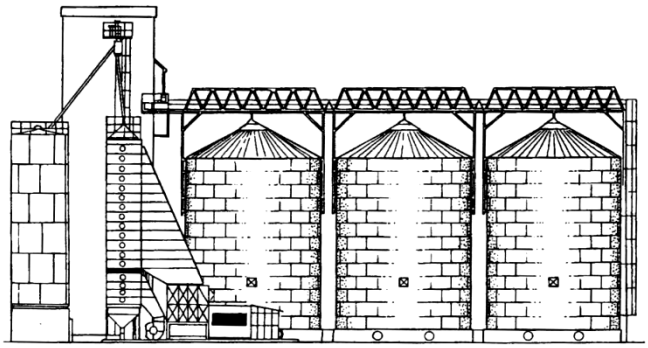


Рис. 3.80. Міні-елеватор металевий

В якості металу переважно використовується листова сталь, звичайно оцинкована, рідше – алюмінієві сплави, а іноді і нержавіюча сталь. Залізобетонні силоси мають порівняно низьку теплопровідність, що забезпечує достатній захист зерна від добових і річних перепадів температури. Отже інтенсивність

тепловологоперенесення в таких силосах незначна і це позитивно впливає на тривалість надійного зберігання зерна.

Застосування металевих дає ряд суттєвих переваг в порівнянні з залізобетонними.

Звичайно висота силосів коливається від 6 до 20 м. Згідно цьому в кожному випадку прагнуть мати і мінімально можливу висоту робочої башти. Для цього при проектуванні в ній не передбачують оперативні бункери над і під зерноочисним і іншим обладнанням.

Щоб надійно зберігати зерно, необхідно максимально загальмувати всі біохімічні процеси в зерновій масі, що досягається за рахунок зниження вологості (до рівня не вище критичної), зниження температури (бажано до 10°С і нижче), видалення домішок, які є найбільш біологічно активними компонентами в масі зерна.

Ефективними заходами тут являється сушіння зерна і його охолодження атмосферним повітрям в холодний час доби і року. Чим глибше охолодження, тим більш тривалий строк зберігається низька температура, а значить більша тривалість безпечного зберігання зерна.

На надійність і тривалість зберігання зерна велике значення має швидкість вирівнювання початкової температури зерна з температурою зовнішнього повітря. Швидше це проходить в зовнішніх або не контактуючих між собою люках і силосах невеликого діаметру. В цих же силосах зерно швидше охолоджується, але, на жаль, і швидше прогрівається.

В металевих силосах вирівнювання температур відбувається значно швидше. Через це, в південних районах довго зберігати знижені температури в таких силосах неможливо, а тому важко або неможливо зберігати зерно навіть на протязі року.

В міні-елеваторах не виключена можливість зниження якості і псування сухого зерна. В результаті самосортування при завантаженні зерна в силоси, особливо неочищеного від домішок, можуть формуватися ділянки, які виключають найбільш активні у фізіологічному відношенні компоненти (органічні домішки з мікрофлорою, комахами).

В процесі зберігання за рахунок нерівномірного ущільнення зернової маси можуть з’явитися ділянки з низькою скважністю, де буде накопичуватися тепло і волога, а значить, різко активізуються

біохімічні процеси. В двох випадках складаються передумови для утворення шарів самозігрівання, які в результаті збільшення температури будуть розповсюджуватись вверх і до стінок (тобто в більш холодні зони), що може привести до самозігрівання всього зерна.

Стійке, на 2-3°С, збільшення температури являється сигналом для застосування екстрених заходів.

Таким чином, повноцінним міні-елеватор можна вважати тоді, коли оснащеність його дозволяє не тільки прийняти зерно і розмістити його в силоси, але і очистити зерно від домішок і при необхідності просушити в потоці. Міні-елеватор повинен мати пристрій прийому з автотранспорту, зерноочисне обладнання, зерносушарку і пристрій для відвантаження зерна в вагони, автомобілі або на міні-підприємства.

Міні-елеватор повинен бути облаштований пристроями для аерації зерна і контролю температури в кожному силосі. Вітчизняна промисловість сьогодні випускає все необхідне для цього обладнання.

В залежності від культури (а це треба враховувати при проектуванні) слід підбирати транспортуюче і технологічне обладнання з відповідними характеристиками. Якщо міні-елеватор призначений для приймання і обробки деяких культур, повинні бути чіткі рекомендації про підбір робочих органів обладнання і режимів їх роботи. Установками для активного вентилювання зерна слід оснащати не тільки металеві силоси. Буде зовсім не зайвим мати такі установки і в залізобетонних силосах. Наявність їх дозволяє не тільки аерувати зернові маси, але і охолоджувати їх холодним повітрям. Крім того, застосування вентилювання дозволяє прискорити процес післязбирального дозрівання зерна, що інколи для господарства немаловажне (швидше досягається готовність нового зерна до переробки).

Багатьом господарствам не під силу спочатку побудувати повноцінний елеватор, тому проектувальники пропонують той або інший проект, в якому повинні передбачити можливість дооснащення необхідним обладнанням і розширення місткості при повному виключенні перебудови зведених раніше конструкцій. Тут, звичайно,

треба діяти шляхом розробки взаємозамінних блоків різного конструктивного виконання і призначення.

Міні-елеваторам потрібна оперативна і дешева автоматизована система контролю якості і стану збереження зерна. В цьому напрямку працюють деякі фірми. По своїй сутності міні-елеватори являються зерносховищами для нетривалого зберігання зерна (від врожаю до врожаю). В цьому випадку коефіцієнт обороту ємності їх не перевищує 1. Якщо господарство має зернопереробні міні-підприємства, які працюють також на сировині яку закупляють, обертальність виробничих міні-елеваторів може бути більшою.

Виробничі міні-елеватори дозволяють створювати помольні суміші для міні-млинів, формувати партії зерна з потрібними показниками якості для крупорушок, зберігати сипкі компоненти (інгредієнти) для цехів по виробництву комбікормів і кормосумішей. В цьому вони мають великі переваги в порівнянні зі складами. Але по кінцевим основним показникам роботи міні-елеватори поступаються елеваторам. Без потужної і ефективної базової мережі елеваторів багатьом зерновиробникам не обійтись. В тих районах, де утворена мережа міні-елеваторів, функції елеваторів дуже змінюються. На них різко скорочується добове надходження зерна, в тому числі вологого і засміченого. Отже, необхідність у високопродуктивнім обладнанні для приймання зерна і потужному зерносушильному господарстві відпадає.

На заготівельних елеваторах можна буде організувати приймання від міні-елеваторів однорідних партій зерна по графіку на протязі року, що спрощує визначення якості зерна і дозволить зменшити число ліній його приймання з автомобільного транспорту.

Основними функціями заготівельних елеваторів стануть розділення зерна на фракції згідно товарної класифікації, а також формування однорідних партій зерна з високими технологічними властивостями для виробничих елеваторів або цільового призначення для базисно-перевалочних і портових елеваторів.

Доцільність будівництва конкретного міні-елеватора повинна бути економічно обґрунтована з врахуванням місцевих умов і вимог.

Основні вимоги по забезпеченню тривалого збереження зерна в силосах

Для забезпечення тривалого збереження зерна в силосах слід виконувати наступні правила:

- утворювати умови для мінімально можливого рівня самосортування зерна (очищення зерна перед закладанням його в силос, певні умови завантаження і розвантаження силосу);

- при тривалому зберіганні не допускати, по можливості, поповнення силосу в процесі часткового його розвантаження новим зерном;

- при відсутності установок для активного вентилювання зерна засипати на зберігання в силос тільки сухе зерно;

- не змішувати в одному силосі тепле зерно з холодним;

- не допускати зберігання в суміжних силосах теплого і холодного зерна;

- використовувати деякі можливості для охолодження зерна;

- систематично спостерігати за вологістю і температурою зерна, що зберігається, пошкодження його шкідниками хлібних запасів;

- максимально використовувати ємність силосу (мати чарунки різної місткості);

- утримувати внутрішню поверхню силосу в справному і чистому стані;

- чітко дотримуватись інструкцій по завантаженню і розвантаженню силосних корпусів.

Порівняльна характеристика різних типів силосних корпусів

В табл.3.3 приведена характеристика взагалі на основі ранжирування найбільш розповсюджених силосних корпусів з оцінкою їх в балах від 1 до 4 (1 – вищий бал).

Таблиця 3.3

Ранжирування силосних корпусів по основним техніко-економічним і технологічним показникам на одиницю місткості

Показники	Залізобетонні силоси			Металеві силоси, возведенні методом рулонування і навивання
	Збірні, 3×3 м	Монолітні, Ø 6 і 9 м	Збірні великого діаметру, Ø 12, 18 м	
Кошторисна вартість	4	3	1	2

Трудомісткість будівництва: загальна будмонтажу	 3 4	 4 3	 2 2	 1 1
Витрати будматеріалів: бетон сталь	 3 3	 4 4	 2 1	 1 2
Швидкість возведення	2	4	3	1
Можливість возведення в будь-який час року	так	ні	так	так
Теплопровідність стін	1	1	1	2
Теплоінерційність зернової маси	3	2	1	4
Захист від впливу зовнішніх факторів (температура, волога)	2	1	3	4

Контрольні запитання

1. Назвіть способи розміщення зерна в сховищах.
2. Назвіть типи зерносховищ. За якими ознаками їх класифікують?
3. Які існують переваги і недоліки у складів з горизонтальними підлогами?
4. З якою метою використовують металеві ангари?
5. Що собою являють залізобетонні силоси великого діаметру з технологічної точки зору?
6. Поясніть схеми розвантаження металевого силосу.
7. Як зберігається трав’яне борошно і вихідна сировина на комбікормових підприємствах?
8. Що використовують в генераторах типу ГНС в якості палива?
10. Який адсорбент використовують в апаратах типу АО для очищення вуглекислого газу?
11. Назвіть як проводять дистанційне автоматичне управління на елеваторах.

12. З якою метою застосовують на елеваторах датчики рівня і мембранні сигналізатори МДУ-3М, МДУ-3, ДДУ-3СМ.
13. Для чого призначена установка МАРС-1500.
14. Які переваги збереження зерна в металевих елеваторах в порівнянні з залізобетонними?
15. Коли вважають повноцінним міні-елеватор для збереження зерна?
16. На які типи класифікують зерносховища?
17. Які існують типи складів?
18. Наведіть варіанти збірних залізобетонних силосів.
19. Від чого залежить число етапів в робочому корпусі?
20. Які можуть бути варіанти розміщення норій?
21. Якім вимогам повинні відповідати прийомні і відпускні пристрої?
22. Які переваги і недоліки металевих силосів?
23. Наведіть проектні пропозиції по удосконаленню металевих силосів.
24. Вкажіть конструктивні особливості силосів.
25. Яка існує компоновка металевих силосів?
26. Способи завантаження зерном і розвантаження металевих силосів.
27. Наведіть порівняльну характеристику силосів, що зведені методом рулонування і методом навивання.
28. Якої форми споруджуються металеві силоси?
29. Як відбувається компоновка металевих силосів?

РОЗДІЛ 4
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА

4.1. Класифікація машин і обладнання комплексної переробки зерна

Класифікація обладнання може бути приведена за різними ознаками.

При формуванні груп обладнання різних ліній основною об'єднаною ознакою являється спільність функцій, які виконані в процесі переробки сировини або напівфабрикатів. За цими ознаками можна виділити три групи обладнання: 1) для підготовчих операцій; 2) для основних операцій з обробки та переробки продукту; 3) для виконання завершальних операцій.

По характеру дії на продукт, який обробляється, можна виділити обладнання для механічної, теплової або електрофізичної обробки продуктів, а також групи обладнання для введення масообмінних, хімічних і біологічних процесів.

Виходячи із функціонально-технологічного принципу доцільна наступна систематизація обладнання, яке виходить в склад ліній харчових виробництв і перетворюючого технологічного потоку.

Обладнання для ведення механічних і гідромеханічних процесів:

- миття сировини (зерна, цукрового буряку, плодів і овочів) і тари;
- очищення і сепарування зерна (скальператори і каменевідбірники, повітряно-ситові сепаратори і просіювачі, трієри, падді-машини, повітряні і магнітні сепаратори і т. п.).
- інспекції, калібрування і сортування плодів і овочів (інспекційні транспортери, калібрувальні і сортувальні машини і т. п.).
- очищення рослинної і тваринної сировини від зовнішнього покрову (оббійні і щіткові машини, машини для лущення і шліфування зернових культур, бичерушки, машини для відділення лузги і плодоніжок, і т. п.).
- подрібнювання харчової сировини (вальцеві станки, дробарки, млини, плющильні машини, вовчки і кутери і т. п.).

- сортування і збагачування сипких продуктів, подрібнення харчової сировини (розсіви і ситовійні машини, вимельні машини і віброцентрофуги, ентолейтори і деташери, дробильно-сортувальні машини і т. п.).
- розділення рідкоподібних неоднорідних середовищ (відстійники, центрифуги, сепаратори, фільтри і фільтруючи пристрої і т. п.).
- змішування харчових середовищ (мішалки для рідких харчових середовищ, машини і апарати для утворення піноподібних мас, змішувачі для сипких матеріалів і т. п.).
- формування харчових середовищ (екструдери, машини для формування штампуванням, відмиванням, відсадкою і пресуванням, машини для нарізання пластів і заготовок із напівфабрикатів і т. п.).

4.2. Машини для підготовки зерна до переробки

Очищенням називається процес відділення сторонніх домішок із вихідного сипкого матеріалу.

Сепаруванням називається процес розділення сипких матеріалів на фракції, які відрізняються фізичними і геометричними розмірами. Для розділення сипких матеріалів на фракції використовують наступні ознаки: щільність частинок, лінійні розміри, аеродинамічні і феромагнітні властивості, стан поверхні тощо.

Процес сепарування рухомого сипкого продукту складається із двох одночасно виникаючих стадій. На першій стадії (самосортування) частинки, які мають менші розміри, більшу щільність, менше значення коефіцієнта внутрішнього тертя і зручну обтічну форму, переміщуються із верхніх шарів в нижній і достигають поверхні сита.

Друга стадія (власне просіювання частинок) відбувається при відносному русі їх по ситу. Але для ефективного протікання процесу дві стадії вимагають різного кінематичного режиму руху сита: при збільшені прискорення покращується самосортування, а для успішного здійснення просіювання необхідно обмежувати максимально допустимі границі прискорення.

При зворотно-поступальному русі ситового корпусу в кривошипно-шатунному механізмі виникають сили інерції, які перемінні по величині і по направленню. Через шатун і кривошип ці сили передають на підшипники і опори ведучого валу, що викликає збільшення зносу механізмів і знижує їх працездатність.

Для зменшення негативної дії сил інерції проводять їх рівновагу наступними основними способами: використанням спарених механізмів; зрівноважування ситового корпусу з кривошипно-шатунним механізмом за допомогою обертаючого (вантажу) і зрівноважування ситового корпусу за допомогою балансуючого механізму.

Для обмеження амплітуд коливань ситового корпусу застосовують амортизатори різних конструкцій: із застосуванням сили тертя елементів або з використанням сил пружності елементів.

Для зрівноваження сил інерції в зерноочисних сепараторах із зворотно-поступальним рухом використовують також ексцентрикові та інерційні коливальники.

Пневмосепарування основане на різниці опорів, які чиняться окремими частинками повітряному потоку, що обумовлено їх різними аеродинамічними властивостями.

Найбільший вплив на ефективність пневмосепарування виявляють: питоме навантаження продукту на канал; середня швидкість повітряного потоку; вирівнянність повітряного потоку; фізико-механічні властивості домішок сепарованої суміші і ступінь засміченості; розміри і конструктивне рішення пневмосепаруючих каналів; початкова швидкість і умови вводу сепарованої суміші в пневмосепаруючий канал тощо.

Магнітне сепарування. Очищення зерна і проміжних продуктів від металомагнітних домішок проводять на магнітних сепараторах з постійними магнітами або електромагнітами.

За способом видалення металомагнітних домішок із рухомого потоку продукту розрізняють три типи магнітних сепараторів: з верхнім розташуванням магнітів, з нижнім розташуванням магнітів і барабанні магнітні сепаратори з обертаючою немагнітною обичайкою.

4.2.1. Пневмосепаруючі пристрої

Домішки, що відрізняються від зерен основної культури за аеродинамічними властивостями, відокремлюють у повітряних сепараторах. Повітряні сепаратори застосовують переважно на борошномельних, круп'яних і комбікормових заводах для очищення зерна від пилу і домішок, на круп'яних заводах для видалення лузги з продуктів лущення плівчастих культур (рису, гречки, вівса, ячменю), а також для контролю крупи і відходів.

На сучасних підприємствах для переробки зерна на продовольчі і кормові продукти застосовують повітряні сепаратори при механічному та пневматичному транспорті з побіжним очищенням зерна від домішок.

Пневматичні сепаратори можна поділити на дві групи: з розімкненим і зімкненим циклом повітря. До першої групи належать аспіраційні колонки, які широко застосовують на круп'яних заводах, і пневмосепаратори для борошномельних заводів із пневматичним транспортом. Другу групу складають, як правило, пневмосепаратори з дворазовим продуванням, які використовують у зерноочисних відділеннях борошномельних і круп'яних заводів.

Для очищення зерна від домішок, що відрізняються від нього шириною, товщиною і аеродинамічними властивостями, застосовують повітряно-ситові сепаратори. У цих машинах зерно очищується на ситах, на яких відокремлюються великі й дрібні домішки, що відрізняються від зерна шириною та товщиною. Потік повітря продуває шар зерна і несе з собою домішки, що відрізняються від зерна за аеродинамічними властивостями.

До пневмосепаруючих пристроїв відносять сепаратори: А1-БЗВ-10, РЗ-БАБ, РЗ-БСД. Характеристика роботи даних сепараторів приведена у розділі 1.

4.2.2. Магнітні апарати

Зернова сировина, що надходить на борошномельні, круп'яні та комбікормові установки, а також продукти переробки зерна і готова продукція містять металомагнітні домішки, які важко або практично неможливо виділити їх в сепараторах або трієрах.

Металомагнітні домішки досить різноманітні за розмірами, формою і походженням: ті, які випадково потрапили предмети

(цвяхи, шматочки металу, залізної руди й т.п.) і частки, якщо потрапляють у продукт у результаті зношування робочих органів, виготовлених зі сталі (бичі, решета й т.п.). Наявність таких домішок може привести до іскроутворення або ушкодження робочих органів машин. Особливо небезпечно та небажано попадання металомагнітних домішок у готову продукцію. Тому вміст їх у готовій продукції строго регламентується (не більше 3 мг/кг). Величина окремих часток у найбільшому лінійному вимірі не повинна перевищувати 0,3 мм, а маса окремих крупинок руди або шлаків не повинна бути більше 0,4 мг.

У технологічному процесі переробки зерна передбачена установка магнітного захисту на борошномельних заводах після бункерів для неочищеного зерна і дозаторів, перед оббійними машинами та трієрами, другим етапом холодного кондиціонування і дозволоженням, вальцьовими верстатами і бичевими машинами, а також на контролі готової продукції. На круп'яному заводі магнітний захист установлюють перед трієрами, оббійними, лущильними, шліфувальними і полірувальними машинами, а також на контролі готової продукції. На комбікормових установках магнітні пристрої встановлюють перед подрібнювальними і лущильними машинами, перед гранулюванням і екструдуванням, а також на виході готової продукції.

Магнітні установки перед оббійними та лущильними машинами для зерна, а також бичевими і щітковими машинами в розмельному відділенні служать для вловлювання металомагнітних часток, що потрапили випадково, які можуть пошкодити робочі органи цих машин або привести до іскроутворення. Магнітна установка перед вальцьовим верстатом першої драної системи повинна забезпечувати повне відокремлення всіх металомагнітних часток і 80-90% дрібних металомагнітних часток, що утворилися в результаті зношення вальців попередніх систем.

Для відокремлення металомагнітних часток необхідно, щоб сила притягання магніту, що діє на них, була б не менша проекції на її напрямок рівнодіючої всіх механічних сил, випробовуваних частками. Сила притягання визначається магнітною індукцією.

Ефективність відокремлення металомагнітних домішок залежить від двох основних елементів процесу: притягання металомагнітних часток до магнітного екрану; утримання їх у магнітному полі, тобто від здатності часток протистояти силі, потоку продукту. Ефективність відокремлення металомагнітних домішок визначають так само, як і ефективність роботи інших зерноочисних машин, тобто по вмісту домішок у зерні до і після очищення.

Продуктивність магнітного сепаратора Q (т/год) залежить від товщини шару h (м), об'ємної маси γ (т/м^3) і швидкості транспортування V (м/год) продукту, а також від ширини робочої зони B (м) магнітного екрану. Магнітні сепаратори прості по конструкції, невеликі по габаритах і порівняно легко монтуються, не ускладнюючи транспортні комунікації. Розглянемо, як приклад, один з найпоширеніших магнітних сепараторів У1-БМП. Він випускається у двох модифікаціях (рис. 4.1): У1-БМП-01 для відокремлення металомагнітних домішок із зерна й У1-БМП для відокремлення домішок із проміжних продуктів розмелу зерна. По конструкції вони однакові: корпус *1* являє собою зварений короб з отворами для прийому і випуску продукту. Він виготовляється у двох виконаннях відповідно до технологічного призначення і місця установки. На передній стінці корпусу розташований люк, що закривається кришкою *8*. Для запобігання виділення пилу встановлені прокладки *7*. Усередині корпуса змонтовані осі *5* і *13*. На них розташовані магнітоутримувач *3* і обмежувач. Ребро *12* для напрямку потоку продукту на площину блоку магнітів і напрямні накладки *6* кріплять до корпусу сепаратора.

Магнітоутримувач являє собою зварений кронштейн із нержавіючої сталі з вставленим у нього блоком магнітів. Для зручності очищення магнітів весь магнітоутримувач можна вийняти через люк корпусу, а потім знову встановити по напрямних накладках. Магнітний блок являє собою шість плоских магнітів, які зібрані у комплект.

Відмінна особливість магнітного сепаратора У1-БМП-0,1 – заслінка, що представляє собою зварений кронштейн, який вільно висить на осі *10*. Заслінка забезпечує рівномірну подачу продукту. В

залежності від кількості продукту положення заслінки (кут нахилу) регулюють вантажем *9*.

На комплектних установках магнітні апарати часто вбудовують у прийомні або випускні пристрої машин відповідно до їхнього технологічного місця установки. Так, у млинах типу АВМ, БМВ, «Мельінвест» і інших магнітні апарати вбудовують у прийомний пристрій оббійних машин, приймальний бункер і т.п. На рис. 4.2 показаний магнітний апарат оббійної машини.

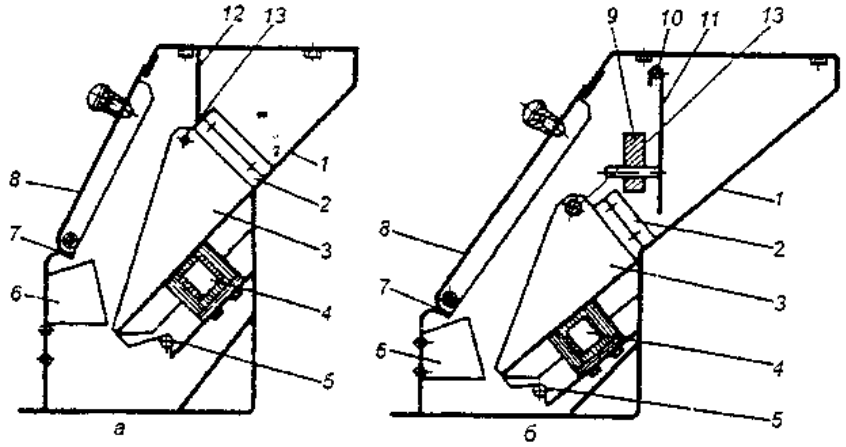


Рис. 4.1. Магнітний сепаратор:

а – У1-БМП; *б* – У1-БМП-01; *1* – корпус; *2* – обмежувач; *3* – магнітоутримувач; *4* – блок магнітів; *5, 10, 13* – осі; *6* – накладка; *7* – прокладка; *8* – кришка; *9* – вантаж; *11* – заслінка; *12* – ребро

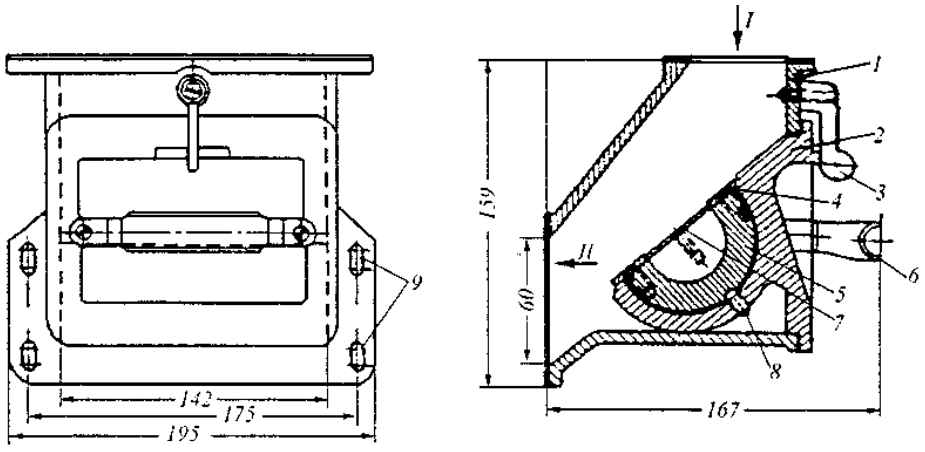


Рис. 4.2. Магнітний апарат для очищення зерна:

1 – корпус; *2* – магнітоутримувач; *3* – викрутка; *4* – полюсна накладка; *5* – магніт; *6* – ручка магнітоутримувач; *7* – пластина; *8* – настановний гвинт; *9* – отвір для кріплення апарата до корпусу оббійної машини; *I* – самоплив подачі зерна; *II* – вхід зерна в оббійну машину

Магнітні апарати випускаються двох модифікацій: для очищення зерна та проміжних продуктів розмелу та для контролю готової продукції (борошна і висівок). Розрізняються вони кутом нахилу площини магнітів, що визначають різницю в конструкції корпусів магнітів.

Магнітний апарат складається з корпуса *1* і магнітоутримувача *2* з магнітами *5*, які виготовлені зі сплаву «магнико» або «алнико». Корпус має напрямні для установки магнітоутримувача, який фіксується викруткою *3*. У пази магнітоутримувача, які виконані за формою магнітної дуги, встановлені два магніти (вантажопідйомність кожної дуги до 20 кг), які затискаються сталевими полюсними накладками *4* і фіксуються настановними гвинтами *8*. Між полюсними накладками, щоб уникнути замикань полюсів, встановлена пластина з дюралюмінію. До магнітоутримувача прикріплена гвинтами рукоятка *6*. Потік зерна або готової продукції направляється у верхню частину магнітоутримувача; який проходячи через магнітне поле, металомагнітні домішки притягуються й утримуються магнітами.

Для очищення магнітів варто відвернути викрутку, вийняти магнітоутримувачі дерев'яним шкребком очистити домішки в спеціальну тару. Магніти потрібно систематично перевіряти на вантажопідйомність і при необхідності направляти на перемагнічування.

У цей час значні результати досягнуті в області вдосконалювання магнітних апаратів на основі нових магнітних матеріалів зі сплаву Nd-Fe-B. Магнітні елементи із цього сплаву можуть поставлятися як у вигляді традиційних «підків», так і пластинчасті. Вони володіють магнітною індукцією та коерцетивною силою і не вимагають перемагнічування протягом декількох років. Магнітні апарати на основі цих елементів уже пройшли виробничу перевірку і показали високі результати.

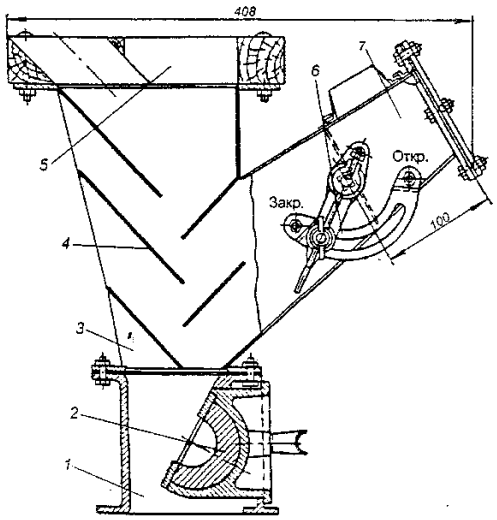


Рис. 4.3. Магнітний апарат МА в блоці з аспіраційною колонкою:

1 – випускний патрубок; *2* – набір магнітів; *3* – корпус колонки; *4* – скати; *5* – прийомний отвір; *6* – дросельний клапан; *7* – патрубок

На рис. 4.3 показаний вбудований магнітний апарат у каскадну пневмосепаруючу колонку на контролі готової продукції крупозаводу АКП-0,5. Конструкція його аналогічна раніше розглянутому й відрізняється тільки більшим кутом нахилу магнітного екрана і прив'язочними та габаритними розмірами.

На комплектних комбікормових заводах використовують магнітні колонки, які спеціально розроблені для очищення компонентів комбікормів: вони виконані також на базі постійних магнітів. Найчастіше використовують магнітні колонки УЗ-ДКМ нульового та першого типорозміру.

4.2.3. Ситові сепаратори

Ситові сепаратори на комплектних млинах і крупзаводах встановлюються після першого пневмотранспортного підйому з розвантаженням зерна в пневмосепараторі. У ряді млинів перший підйом зерна (із прийомного бункера) здійснюється норією, що направляє зерно на пневмосепаруючий пристрій і далі на ситовий сепаратор. Ситові сепаратори цих установок, як правило, прості по

конструкції і як робочі органи використовують сортувальні і підсівні сита, видаляючи із зерна великі та дрібні домішки.

У якості сортувальних для пшениці, використовують сита із круглими чарунками (8-9мм), а в якості підсівних – продовгуваті (1,7×20 мм) і з більш дрібними чарунками для жита.

Ситові сепаратори комплектних установок однотипні по ситових корпусах. У той же час способи й механізми надання ситовим корпусам коливань і характер коливань вкрай різноманітні. Застосовуються ситові сепаратори зі зворотно-поступальними коливаннями (А-4-5мм n – 400-450 кол/хв) – млина "Мельінвест"; із круговими коливаннями (R – 9мм, n – 300-320 кол/хв) – млина АВМ; віброколиваннями (2А=6мм, n–750-950 кол/хв) – млина "Станкінпром" тощо. При цьому вібратори встановлюються знизу ситового корпусу, або з боків.

На рис. 4.4 наведена технологічна схема ситового сепаратора із круговими поступальними коливаннями. Конструкція його аналогічна широко розповсюдженим промисловим сепараторам БІС і БЛС. У млинах АВМ він використовується без пневмосепаруючого каналу і виконаний у малогабаритному виконанні. Ці сепаратори широко відомі. Розглянута модель є спрощеним варіантом. Ситовий корпус виконаний односекційним, монтується на станині на чотирьох здвоєних круглих підвісках з полімерних матеріалів і приводиться в коливальний рух електродвигуном, встановленим на станиніі через клино-пасову передачу співпадають обертання дебалансному шківу зі змінними балансирами. Зерно *I* через прийомний патрубок *1* і гнучкий патрубок *17* надходить на ситову раму *5* із сортувальним ситом *4*. Великі домішки *II* сходом із сита поступають до виводу великих домішок *11* і вилучаються з машини в спеціальну ємність.

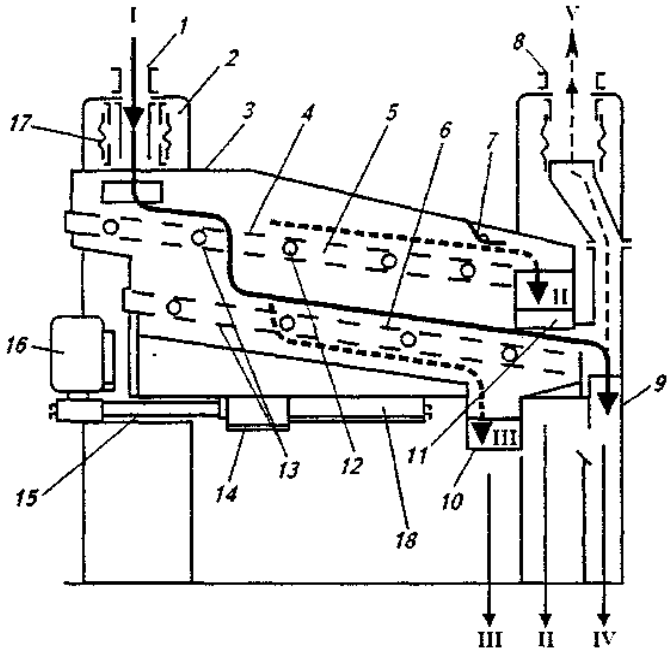


Рис. 4.4. Ситовий сепаратор комплектного млина АВМ-2:

1 – прийомний патрубок; *2* – станина; *3* – корпус; *4* – сортувальне сито; *5* – ситова рама; *6* – підсівне сито; *7* – фартух; *8* – аспіраційний патрубок; *9* – патрубок виводу зерна; *10* – вивід підсіву; *11* – вивід великих домішок; *12* – кулькові очисники; *13* – фордон ситової рами; *14* – дебаланс; *15* – клинопасова передача; *16* – привідний електродвигун; *17* – гнучкий елемент; *18* – шків з дебалансами; *I* – зерно на очищення; *11* – великі домішки; *III* – дрібні домішки; *IV* – очищене зерно; *V* – повітря

Фартух *7* сприяє утриманню зернового шару на сортувальному ситі. Зерно проходом через сортувальне сито надходить на підсівне *6* і сходом *IV* направляється в патрубок виводу зерна, а дрібні домішки *III* вилучаються через вивід підсіву *10*. Сепаратор аспірується через патрубок *8*. Витрата повітря на аспірацію 5–10м/хв. Очищення сит здійснюється блокуючими кульковими очисниками *12*. Вони закладаються у відсіки ситової рами й переміщаються по фордону *13*. Число коливань корпуса становить 320–350 у хв і може регулюватися змінним шківом на електродвигуні. Радіус кругових коливань становить 8–10 мм і може регулюватися змінними балансирами на приводному шківі. Сепаратор простий за конструкцією та обслуговуванням, має невеликі габарити і масу, забезпечує необхідну ефективність очищення.

Ситовий сепаратор фірми «Совокрим» також застосовується на підприємствах (конструктивна і технологічна схема якого представлена в розділі 1).

4.2.4. Вібраційні сепаратори

В останні роки усе більше виробників борошномельних машин переходять на випуск віброситових сепараторів з боковими електровібраторами, наприклад А1-БСК, розрахований на продуктивність 2 – 3 т/год.

Сепаратор вібраційний А1-БСК призначений для виділення із зернової суміші великих, дрібних і легких домішок, а також може бути використаний для попереднього розподілу суміші на велику й дрібну фракцію, наприклад, при обробці круп'яних культур та пневмосепаруючій стіл ППС-2,5.

Вібраційний сепаратор (рис. 4.5) складається із ситового корпуса та пневмосепаруючого каналу *11*, станини *1*. Подача зерна в ситовий корпус забезпечується приймальним пристроєм *2*, а випуск очищеного зерна та відходів – випускним пристроєм *10*.

Ситовий корпус за допомогою кронштейнів через гумові амортизатори *12* спирається на станину *1* і утворює коливання під кутом 20° до горизонту за допомогою двох електровібраторов *8*, які прикріплені болтами до траверси *7* з двох сторін корпусу. Електровібратори, можна повертати відносно траверси завдяки пазам, які розташовані по колу, і змінювати напрямок коливання решітного корпусу.

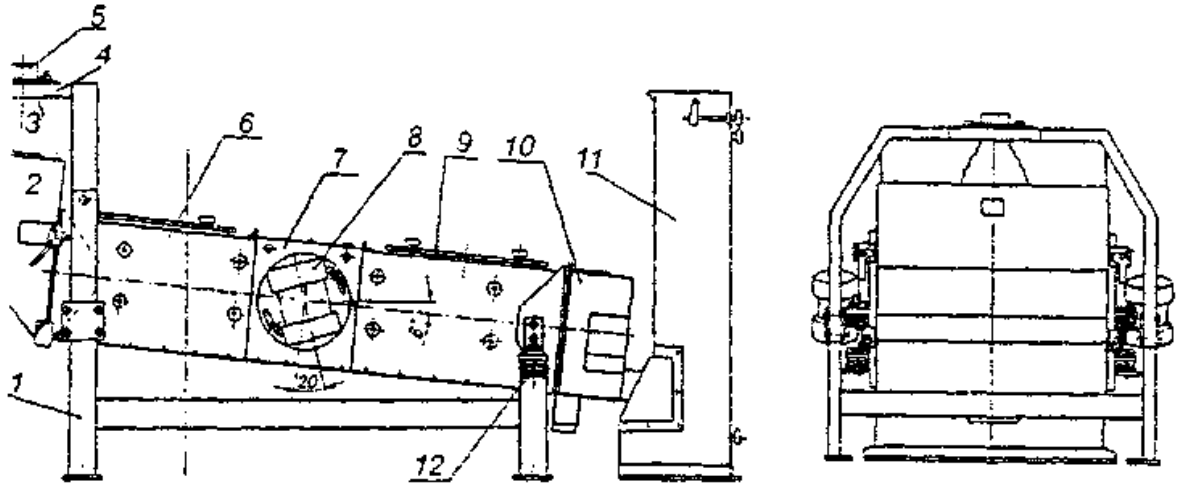


Рис. 4.5. Вібраційний сепаратор А1-БСК:

1 – станина; *2* – приймальний пристрій; *3* – рукав із тканини; *4* – кронштейн; *5* – патрубок; *6* – ситовий корпус; *7* – траверса; *8* – електровібратор; *9* – кришка; *10* – випускний пристрій; *11* – пневмосепаруючий канал; *12* – гумовий амортизатор

Приймальний пристрій складається з короба, закритого зверху кришкою з патрубками *5*. Усередині короба встановлено розподільник з укріпленим на ньому шибером. Нижче розташоване похиле днище, по якому продукт попадає в ситовий корпус. Вихідний отвір перекриває гумовий фартух із закріпленими на ньому вантажами.

Приймальний патрубок *5* прикріплюється до кронштейна *4* станини і з'єднаний з коробом тканинним рукавом *3*. На кронштейнах *4* установлена накладка, до якої планками кріпиться патрубок. Переміщенням накладки в пазах і поворотом патрубка навколо своєї осі здійснюється регулювання напряму потоку продукту, що надходить через рукав *3* у приймальний пристрій.

Приймальний пристрій з'єднаний з корпусом шарнірно за допомогою сухарів. Він фіксується затискачами й охороняється від мимовільного відкривання замками. Переміщенням у пазах сухарів і куточка забезпечується щільність прилягання прийомного пристрою до корпуса. Випускний пристрій кріпиться до корпуса болтами.

Для огляду й очищення ситових рамок у корпусі передбачено два люки, що закриваються кришками *9*. Кут нахилу корпуса можна змінювати від 0 до 20° і контролювати по шкалі.

Таблиця 4.1

Технічні характеристики вібросепаратора А1-БСК

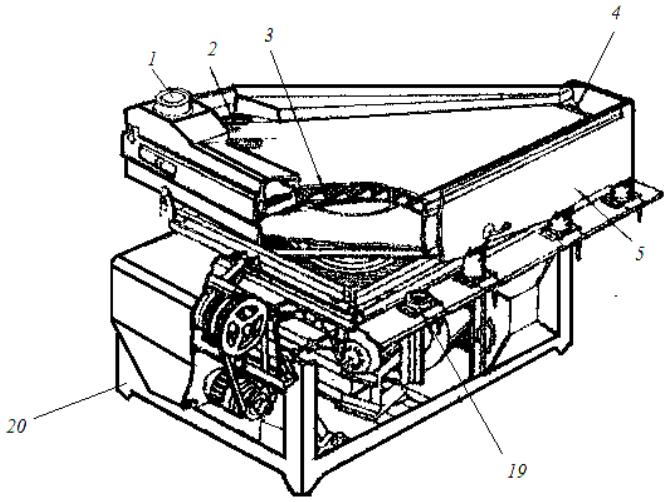
Показники	А1-БСК
Продуктивність, т/год	3,0 – 5,0
Технологічна ефективність, %	50
по смітній домішці	50
по зерновій домішці	10
по крупних домішках	100
по легких домішках	55
по виділенню дрібного зерна	60
Встановлена потужність, кВт	0,76
зокрема електровібраторів	0,74
світильника	0,02
Частота коливань решітного корпусу, кол/хв	940
Розмах коливань корпусу, мм	5 – 5,5
Нахил корпусу, град	6 – 12
Витрати повітря, $м^3$/год	5400
Габарити, мм	3130×1690×1770
Маса, кг	690

Пневмосортувальний стіл ППС-2,5 (рис. 4.6). На практиці зустрічається необхідність очищення зерна від важковідокремлюваних домішок, які неможливо виділити просіюванням. У цьому випадку застосовують пневмосортувальні столи, вони призначені для очищення зерна від важковідокремлюваних домішок (сажка, ріжки та ін.).

На пневмосортувальному столі ППС-2,5 зерно обробляють після очищення його в повітряно-ситових сепараторах, трієрах або концентраторах.

Зернова суміш розділяється по щільності (переважна ознака), розмірам, формі та стану поверхні, що зумовлює фракційні властивості компонентів.

В таблиці 4.2 приведена характеристика пневмосортувального столу ППС-2,5.



Вид зверху

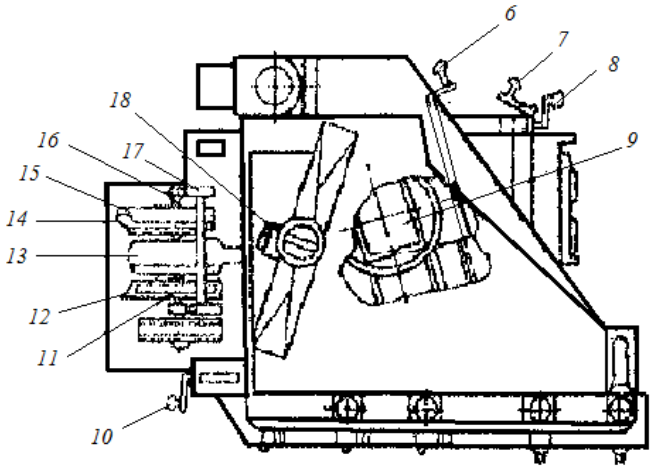


Рис. 4.6. Пневмосортувальний стіл ППС-2,5:

1 – бункер-живильник; *2* – дека; *3* – опорні грати; *4* – клапан; *5* – приймач фракцій; *6* – рукоятка регулювання повітряного потоку; *7, 8* – рукоятки механізмів установки деки; *9* – вентилятор; *10* – рукоятка механізму переміщення електродвигуна; *11, 15* – противаги; *12,14* – ексцентрики; *13* – шатун; *16* – вал; *17* – маятникова опора; *18* – витяжна парасолька; *19* – приймальний патрубок; *20* – станина

Таблиця 4.2

Технічні характеристики пневмосортувального столу ППС-2,5

Показники	ППС-2,5
Продуктивність машини, т/год, при очищенні насіння:	
пшениці від дикої редьки і кураю	4,5
ячменю від дикої редьки	3,2
вівса від дикої редьки	3,0
рису від просянки	2,2
гречки від дикої редьки	1,7
Вихід очищеного насіння при обробці з чистотою третього класу, %	90 – 97
Потужність електродвигуна, кВт	
коливала	6,6
вентилятора	5,5
Коливання деки:	
частота, кол/хв	360 – 610
амплітуда, мм	0 – 8
Витрата повітря, $м^3$/год	5000 – 9000
Кут нахилу деки, град	0 – 3
Площа деки, $м^2$	1,2
Число фракцій	2 – 4
Габарити, мм:	
довжина	2030
ширина	1585
висота	1500
Маса, кг	600

4.2.5. Каменевідбірні машини

Зернова суміш після очищення в сепараторах, як правило містить органічні і мінеральні домішки, які можуть бути легші або важчі за зерно, але практично не відрізняються за розмірами і аеродинамічними властивостями. Про те такі домішки не виділяються на ситах і повітряними потоками. Ці домішки в практиці очищення

зерна вважають важковідокремлюваними. Склад мінеральних домішок різний: дрібна галька, шматки вугілля, руди, землі, крупний пісок тощо.

Для високоефективного видалення мінеральних домішок застосовуються вібропневматичні каменевідбірні машини типу Р3-БКТ, які встановлюють після сепараторів.

Основною властивістю, по якій можна виділити мінеральні домішки з зерна, являється щільність, яка складає 1900 – 2700кг/м^3, тобто приблизно в два рази вище, ніж в зерні (1300 – 1400кг/м^3). Відмінність цих компонентів по коефіцієнту тертя також сприяє їх розділенню.

Процес виділення із зерна мінеральних домішок на робочому органі – похилій сортувальній поверхні (деці) – в умовах висхідного повітряного потоку (без просіювання) можна умовно розглядати як три явища, що відбуваються одночасно. При сумісній дії вібрації сортуючої поверхні і потоку повітря відбувається розрихлення шару зерна, при цьому знижується коефіцієнт внутрішнього тертя і зернова суміш переходить в стан псевдорозрідження. В такому шарі складаються умови для ефективного самосортування різнорідних компонентів: важкі частки опускаються в нижні шари, досягнувши сортуючої поверхні, а частки з меншою щільністю рухаються в верхні шари. В розшарованій суміші проходить процес вібраційного переміщення різних компонентів в протилежних напрямках.

Транспортування вверх проходить в результаті певного сполучення: кінематичних параметрів, кута нахилу і коефіцієнта тертя сортуючої поверхні, навантаження. При відсутності повітряного потоку всі компоненти рухаються вверх по сортувальній поверхні. При наявності керуючої дії повітря псевдорозріджений шар зерна, практично недоступний транспортуючій дії деки, «тече» як рідина під кутом і розвантажується в нижній широкій частині деки. Важкі мінеральні частки, які знаходяться в нижньому шарі і мають найбільше зчеплення з шорсткою сортувальною поверхнею, транспортуються вверх проти нахилу деки і виводяться через верхню звужену її частину.

На ефективність і потужність каменевідбірних машин вібропневматич-ного принципу дії мають суттєвий вплив наступні

фактори: частота, амплітуда і направленість коливань, швидкість повітряного потоку, кут нахилу деки і коефіцієнт тертя її поверхні, відмінності в щільності зерна і мінеральних домішок, навантаження і вологість зерна. Ефективність очищення зерна від мінеральних домішок повинна бути не нижче 95%. Вміст придатного зерна у відходах не більше 1%.

Каменевідбірна машина РЗ-БКТ-100(рис. 4.7) складається із наступних основних вузлів: вібростолу, приводу, приймальних, випускних і аспіраційних пристроїв, станини.

Вібростіл – рухома частина машини, де здійснюються зворотно-поступальні коливання під кутом 30-40° до площини деки. Вібростіл встановлений під кутом 5-10° до горизонталі. Він складається із несучої зварної рами *19*, в якій вмонтована дека, корпуса *15* і кришки із оргскла для візуального контролю робочого процесу. У кришці є отвори для приєднання аспіраційного рукава *5* і для приймального пристрою. Дека прикріплена до несущої рухомої рами зі сторони мінеральних домішок натягнутим гвинтом *1*, з протилежної сторони кронштейнами, а з боків – натягнутими металевими кутовими профілями і болтами.

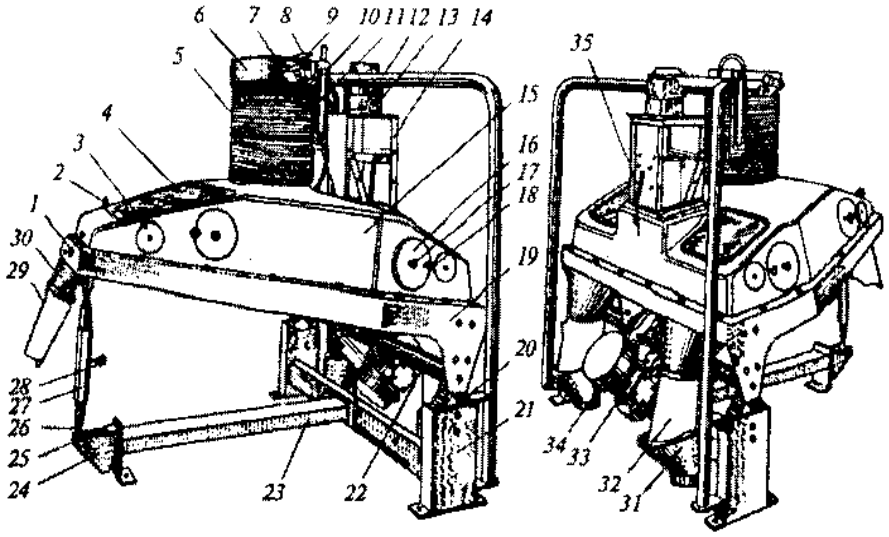


Рис. 4.7. Каменевідбірна машина РЗ-БКТ-100

Основна частина деки – повітропроникна сортуюча поверхня, яка представляє собою металоткану сітку з отворами розміром 1,5×1,5 мм. Виготовляють її із проволоки діаметром 1 мм. З нижньої сторони деки

встановлені повітровирівнююче перфороване днище з отворами діаметром 3,2 мм. Днище прикріплене до деки гвинтами і гайками – барашками.

Між сіткою і днищем знаходиться зварна рама (решітка) із алюмінієвого сплаву з повздовжніми і поперечними перегородками, які утворюють квадрати розміром 55×55мм. Рама і днище призначені для розподілу повітря.

Корпус машини служить для утворення вакууму і розміщення допоміжних вузлів машини. У верхній частині його розташовані п’ять отворів: перший – для приєднання приймального пристрою, другий – для аспіраційного рукава *5* і три отвори для вікон *4*. Останні закриті прозорим матеріалом для візуального контролю робочого процесу завдяки регулювальним гвинтам *2*.

На поздовжніх бокових поверхнях корпусу розташовано по два круглих отвори з кришками *16*, які мають ручку *17* і фіксатор *18*. Ці отвори призначені для доступу до сітки деки. Рядом з отворами встановлено чотири регулювальні диски *3* із алюмінієвого сплаву зі шкалою для контролю амплітуди і направлення коливань.

В корпусі машини зі сторони виходу мінеральних домішок над декою встановлений механізм регулювання випуску мінеральних домішок (рис.4.8).

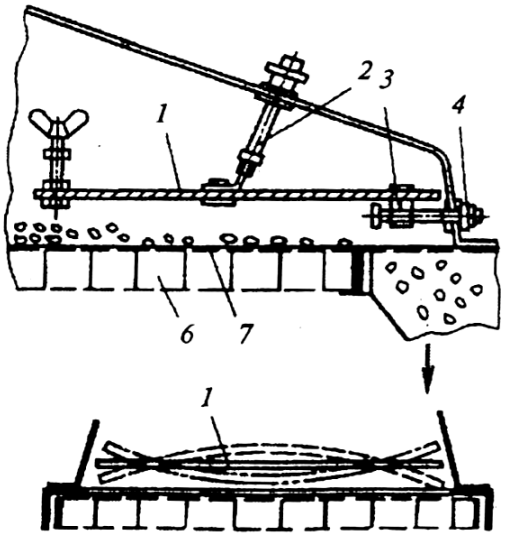


Рис. 4.8. Механізм регулювання вихідного перерізу мінеральних домішок в машині РЗ-БКТ-100

Він представляє собою пластину *1* із оргскла, фіксується пружиною *3* і болтом *4* з гайкою. Положення його змінюють регулюючими гвинтами *2*. Пластина *1* знаходиться над сіткою *5* деки і повітророзподільною решіткою *6*.

В кришці корпусу вмонтований штуцер, який з'єднується гнучкою трубкою з манометром *11* (рис. 4.7). У середині корпусу під декою встановлений неоновий світильник, який включають за необхідності.

Вібростіл встановлюють на трьох опорах. Зі сторони виходу очищеного зерна нижня частина вібростолу опирається на чотири пружини – амортизатора *20*. Вони розташовані попарно під кутом 90° одна до другої. З протилежної сторони встановлена вертикальна стійка з шарніром і механізмом регулювання кута нахилу вібростолу. Цим механізмом змінюють кут нахилу деки, піднімаючи або спускаючи її край зі сторони виходу мінеральних домішок. При обертанні труби *27* за ручку *28* проходить переміщення рим-болтів *26*. Останні мають ліву і праву різьбу. Величину кута нахилу в градусах вказує кромка конуса на вертикальній шкалі. Сайленблоки складаються із двох концентрично встановлених коротких сталевих трубок із запресованою між ними гумовою втулкою. Сайленблоки застосовують для з'єднання рухомої і нерухомої частин, які рухаються по різним законам.

Приймальний патрубок *14* включає наступні основні вузли: живильник, приймальник, розвантажник. Живильник *13* складається із корпусу, до якого хомутом прикріплюються конус-воронка. Нижня частина живильника з'єднана гнучким рукавом з приймальним патрубком *14*, а верхня – з підвідною самопливною трубою. Приймальний патрубок має дві прозорі боковини, які з'єднанні між собою металевими стінками, кришку, живильний клапан, важіль з пружиною *35* і кутником для кріплення до корпусу. Приймальний патрубок забезпечує постійність навантаження і герметичність вакуумної системи у вузлі надходження зерна. Розподільник встановлений в корпусі каменевідбірної машини під приймальним патрубком безпосередньо над декою. Він складається із двох бокових стінок, між якими похило встановлена металоткана сітка. Тут

проходять попередня аерація і розподіл вихідної суміші зерна по сортувальній поверхні.

Для виходу очищеного зерна передбачено два патрубки на нижньому кінці вібростолу, а для мінеральних домішок – один випускний патрубок на протилежній стороні. Випускний пристрій складається із металевого патрубка жорстко зв'язаного з рамою вібростолу. До патрубка за допомогою хомута прикріплюють пружний гумовий рукав, здавлений з двох сторін. Два гумових рукава *32* випускають очищене зерно у воронки *31*, які зв'язані з самопливними трубами, а один рукав *29* випускає мінеральні домішки в переносний накопичувальний бункер. Рукав *29* з'єднаний з патрубком *30* для мінеральних домішок.

Витяжний пристрій представляє собою гнучкий аспіраційний рукав із прогумованої тканини, який з'єднаний хомутами в нижній частині з корпусом машини, а у верхній – з аспіраційним патрубком *6*. В останньому встановлений регулятор повітря, який виконаний у виді заслінки *8* і обертової за допомогою рукоятки *10* навколо вісі *9* на 90°. В горизонтальному положенні заслінка *8* перекриває переріз патрубка. Положення заслінки вказує верхня кромка кронштейна *7* на шкалі. Патрубок з регулятором повітря прикріплений до станини двома зігнутими трубчатими стійками *12*.

Привід каменевідбірної машини і зворотно-поступальний рух здійснюється інерційним вібратором *33*. Він представляє собою електродвигун, на двох кінцях валу *1* встановлені регулюючі вантажі *2,3* (рис. 4.9), які регулюють амплітуду коливань вібростолу, змінюють положення вантажів по відношенню одне до одного. При цьому фіксують відстань між двома точками вантажів.

Вібратор встановлений в центральній частині труби віброрегулятора *22* (див.рис. 4.7) за допомогою фіксатора, хомутів, сайленблоків і кронштейнів *34*.

Віброрегулятор служить для регулювання направлення коливань і установки на ньому коливальних мас каменевідбірної машини і вібратора. Він складається із горизонтальної труби з привареними до неї опорами, які прикріплені до несучої рами деки. Труба встановлена на чотирьох пружинах-амортизаторах *20*, які фіксуються конусами стійок станини і конусами валу віброрегулятора. Напрямок коливання

змінюють, переміщаючи вібратор у вертикальній і горизонтальній площині відносно валу віброрегулятора.

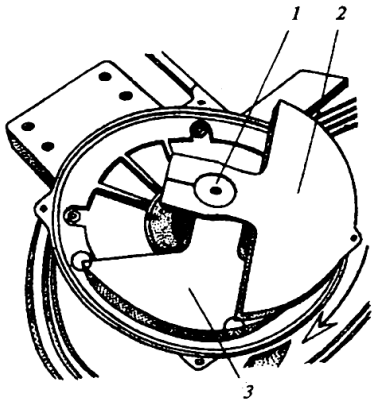


Рис. 4.9. Мотор-вібратор машини РЗ-БКТ-100

Станина *23* каменевідбірної машини представляє собою зварну Т-подібну конструкцію із двох стальних труб квадратного перерізу, кронштейна і двох стійок *21* з конусами для установки пружин-амортизаторів.

Технологічний процес у каменевідбірних машинах проходить наступним чином. Зерносуміш із приймального пристрою потрапляє на сітчасту поверхню розподільника, яка продувається повітрям і двома рівними потоками поступає на сортувальну поверхню деки. Тут проходить розділення зерна і мінеральних домішок. В результаті мінеральні домішки транспортуються у верхню частину деки і виводяться із машини, а очищене зерно надходить в нижню частину і відводиться з протилежної сторони. Легкі домішки відносяться повітрям через аспіраційний пристрій і відділяються в фільтрі.

Налаштування та регулювання каменевідбірних машин наступні. Робочий процес має шість регульованих параметрів: навантаження, амплітуда і направлення коливань, витрати повітря, кут нахилу деки і положення регулюючої пластини в зоні випуску мінеральних домішок. Всі параметри мають механізми регулювання і відповідні показники встановлених значень.

Каменевідбірні машини типу РЗ-БКТ після монтажу і налагодження ретельно регулюють. Встановлюють вібростіл в робоче

положення під кутом 7° до горизонталі. Перевіряють затяжку різьбових з'єднань. На холостому ходу не повинно бути невластивого шуму і вібрації.

Амплітуду і напрямок коливань перевіряють на холостім ходу за допомогою регуляторних дисків. До пуску машини всі чотири диски на обох сторонах корпусу вібростолу встановлюють так, щоб вертикальна стрілка на корпусі знаходилась між 30° і 40° нижньої шкали. Якщо при роботі машини напрям пунктирної лінії з кружками на диску співпадає з напрямом коливань вібростолу, видна чітка лінія, а тіні колів – еліпси – витягнуті повздовж цієї лінії. Якщо видно розпливчаста лінія, а еліпси витягнуті під кутом, значить направлення не співпадають. Слід послабити фіксуючий гвинт, повернути диск до появи чіткої лінії і знову закріпить. При відхиленні від заданого кута більше 5° по шкалі дисків, встановлених на одній боковій стороні корпусу, необхідно провести корекцію положення вібростолу по вертикалі.

Корекцію кута направлення коливань виконують наступним чином. Послаблюють скоби кріплення вібратора і повертають його у вертикальному напрямі. Якщо вібратор переміщається вниз, то кут направлення коливань зі сторони виходу очищеного зерна збільшується, а з протилежної – зменшується. Зміщення вібратора вверх приводить до зворотного явища: зменшення кута на стороні виходу очищеного зерна і збільшенню на протилежній стороні.

Якщо спостерігається розбіжність показників на шкалі дисків, яка знаходиться на різних сторонах корпусу, проводять корекцію положення вібратора по горизонталі, тобто здвигають його по осі вала-віброрегулятора в сторону меншого кута направлення коливань. При цьому спочатку відмічають старе місце установки, потім послаблюють скоби, здвигають вібратор в потрібному напрямі відносно помітки і затягують скоби.

Регулювання амплітуди коливань здійснюється переміщенням вантажів біля валу вібратора. Якщо розсувати вантажі відносно один одного, амплітуда зменшується, а при зближенні їх – збільшується.

Зменшення вантажів, встановлених в верхній і нижній частинах вібратора, повинно бути однаковим і дорівнювати 150 – 180 мм.

При роботі машини виникає візуальний ефект перерізу на диску лінії ходу з лінією шкали. Точка перетину вказує величину амплітуди коливання, яка при нормальній роботі повинна знаходитись між відмітками *4* і *5*, що відповідає амплітуді коливання вібростолу 2 – 2,5 мм.

Дросельну заслінку регулятора повітря встановлюють в положення, при якому розрідження по манометру складає 750 Па без навантаження.

Необхідно встановити пластину на висоту 25мм над декою зі сторони виходу мінеральних домішок. Регулюючи положення пластини, можна досягти збільшення ефективності виділення мінеральних добрив.

При роботі під навантаженням слід відрегулювати пружину живильного клапану, зміщуючи її до потрібного зарубку на важелі, щоб невелика кількість зерна знаходилась на злегка притиснутому клапані. Якщо в робочому режимі шар зерна не «кипить» при відкритій заслінці регулятора повітря, необхідно очистити сітку деки дротяною щіткою. При правильно проведеному регулюванню і належній експлуатації машин типу РЗ-БКТ ефективність очищення зерна від мінеральних домішок складає 98 – 99%.

Таблиця 4.3

Технічна характеристика каменевідбірних машин

Показник	РЗ-БКТ	РЗ-БКТ-100	РЗ-БКТ-150
Продуктивність, т/год	9	9	12
Площа ситової поверхні, $м^2$	1	1	1,5
Кут нахилу деки, град	6-7	6-7	16-7
Частота коливання, кол/хв	960	960	960
Амплітуда коливань, мм	2-2,5	2-2,5	2-2,5
Витрати повітря, $м^3$/хв	80	80	120
Розрідження в корпусі (без навантаження), Па	750	750	750
Потужність електровібратора, кВт	0,3	0,3	0,3
Габаритні розміри, мм	170×1410×1960	1750×1420×1530	1750×2020×1530

Маса, кг	500	275	400

Каменевідбірник А1-БКМ (рис. 4.10) призначений для відділення від зерна мінеральних домішок, близьких йому за розмірами (галька, пісок тощо) перед помелом на борошномельних підприємствах.

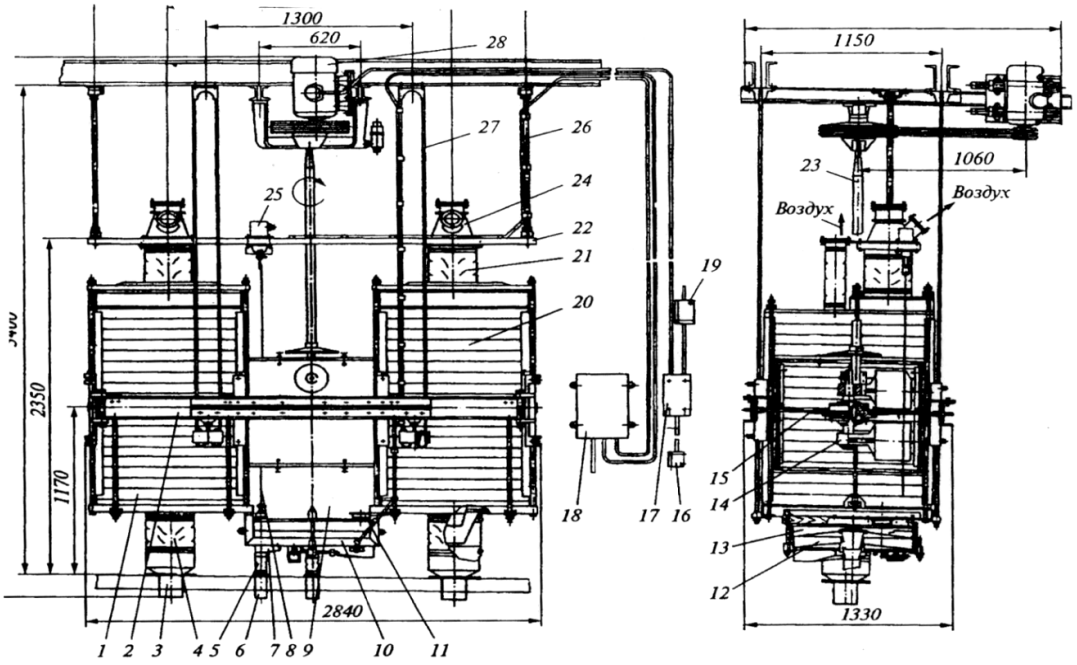


Рис. 4.10. Каменевідбірник А1-БКМ

Каменевідбірник складається із наступних основних вузлів: двох кузовів *1* і *20*, головної рами *2*, апарата для підбирання відходів *10*, балансуючого механізму *14*, привода *28*, огородження *9*, приймальних і випускних пристроїв.

Кожний кузов складається із розподільної коробки, шістнадцяти робочих рам, трьох контрольних рам, основи лотка *11*, для виводу із кузова відходів. Кузови закріплюються вертикально стяжками.

Робоча рама складається із дерев'яного корпуса, в який вмонтоване робоче днище. В рамах є канали для підводу зерна і відводу мінеральних домішок. Робоче днище складається із конусного гофрованого диску з обичайки і лійки, розташованої в центрі диска.

Контрольні рами по конструкції аналогічні робочим. Апарат підбирання відходів складається із двох рамок *12* і *13*; кришки, днища, механізму випуску мінеральних домішок *7*, транспортуючої коробки і шнека для повернення зерна з нижньої рами на верхню.

Рамки апарата по конструкції аналогічні робочим рамам і в основному відрізняються розмірами диску. Нижній диск, крім того, виготовлений із більш товстого листа, так як він більше всього схильний до зношення і дії мінеральних домішок.

Головна рама складається із траверси *15*, двох повздовжніх швелерів, відкидних кутників, вертикальних і горизонтальних стяжок, за допомогою яких кузови закріплюються на рамі.

В траверсі встановлюють корпус підшипника балансуючого механізму, вал, якого за допомогою муфти ексцентрично з'єднаний з веретеном *23* привідного механізму, який закріплений на стельовій рамі. Передача обертання від електродвигуна на балансуючий механізм здійснюється через клино-пасову передачу і веретено.

Головна рама з закріпленими на ній кузовами і апаратом підбирання відходів підвішується до стельового перекриття будови на чотирьох сталевих канатах *27*. Приймальні патрубки *24* розташовані на приймальній дошці *22*, яка кріпиться за допомогою валиків-штанг *26* до стельової рами. Приймальні і випускні *3*,*6* патрубки з'єднуються з патрубками каменевідбірника за допомогою рукавів *4*, *5*, *21*.

Керівництво роботою каменевідбірника відбувається за допомогою пульта керування *18*, кнопкового поста *16*, магнітного пускача *17* і автоматичного вимикача *19*. Механізм випуску справляється за допомогою електромагніта*25* через тросик *8*.

Каменевідбірник працює наступним чином. Робота каменевідбірника заснована на принципі самосортування суміші на фракції, які відрізняються питомою вагою і коефіцієнтом тертя частин. При виключенні електродвигуна починає обертатися балансир, в результаті чого центр маси кузовів (як і всі його точки) приводяться в обертово-коливальний рух.

Зерно, яке потрапляє в розподільчу коробку кузова, направляється на шістнадцять робочих рам (див. рис. 4.11) на днищах яких здійснює круговий рух. В результаті процесу самосортування

зерно спливає, а дрібні і важкі частини (мінеральні домішки) опускаються на дно робочих рам.

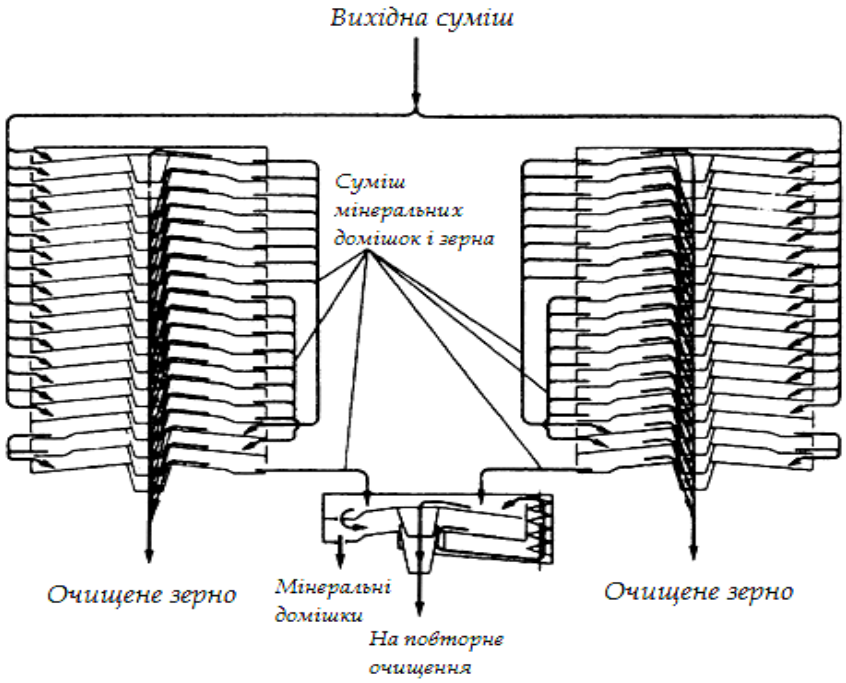


Рис. 4.11. Технологічна схема процесу в каменевідбірнику А1-БКМ

Зернова суміш безперервно подається на рамки і, рухаючись по спіралі від периферії до центру, звільняється від мінеральних домішок. Очищене зерно через конічні воронки виводиться із машин.

Мінеральні домішки, спускаються на дно, по його похилій поверхні скочуються до обичайки і через прямокутний отвір разом з частиною зерна направляються на контрольні рами (з перших восьми рам – на першу контрольну, з інших восьми – на другу).

Процес виділення мінеральних домішок на контрольних рамах аналогічний процесу на робочих рамках: зерно виводиться із машин через центральний отвір, а суміш мінеральних домішок і зерна із перших двох контрольних рам направляється на третю, з якої зерно теж виводиться із машини, а мінеральні домішки в суміші з зерном виводяться в апарат підробки відходів, де зерно продовжує очищуватися від відходів. Технологічний процес очищення в апараті такий же, як і на робочих рамках. Очищене на верхній рамці апарата зерно виводиться із апарата і повинно бути направлено на повторне

очищення, а мінеральні домішки в суміші з зерном направляються на нижню рамку апарату, звідки зерно, відділившись від мінеральних домішок через центральний патрубок, транспортну коробку в шнек, повертаючись на верхню рамку апарата для повторного очищення. Мінеральні домішки накопичуються на нижньому днищі, звідки періодично відводяться за допомогою випускного механізму.

Таблиця 4.4

Технічна характеристика каменевідбірника А1-БКМ

Продуктивність, т/год	15
Ефективність відбору мінеральних домішок, %	97
Вміст нормального зерна у відходах, % не більше	2
Діаметр робочих дисків, мм	900
Частота коливань веретена, $с^{-1}$	3,66 – 3,82
Радіус кругових коливань, мм	36 ± 2
Потужність установлених електродвигунів, кВт	4
Витрати повітря на аспірацію, $м^3$/хв	12
Габаритні розміри, мм	2840×1330×2350
Маса, кг	1950

4.2.6. Машини для сухого очищення зерна (оббійні машини)

У зерні, яке пройшло обробку в сепараторах і сортувальних машинах, залишається велика кількість пилу та іншого бруду органічного та мінерального походження, який міцно тримається на зернівках. При переробці такого зерна на сортове борошно погіршується його якість, воно швидко псується. Тому в технологічних процесах сортових помелів зерна передбачена обробка поверхні зерна двома способами – сухим і мокрим. Для сухої обробки поверхні зерна застосовують оббійні та щіткові машини, а для мокрої – мийні машини.

На млинах і крупорушках застосовують оббійні машини ударної дії з бильним барабаном і абразивним або сталевим циліндром, які пристосовані для роботи з механічним та пневматичним транспортом, їх застосовують для очищення поверхні зернівок від бруду перед розмелюванням зерна на борошно і для попереднього лущення зерна в круп’яному

виробництві. В оббійній машині зерно зазнає дії кількох чинників: ударів бил і ударів об поверхню циліндра; тертю зерна об поверхню і між собою. Абразивна поверхня діє на зерно інтенсивніше в порівнянні із сталевою, частково видаляються оболонки, боріздки і зародки, а також оголюється ендосперм, що призводить до втрати. Оббійна машина зі сталевою гладкою поверхнею м'яко діє на зерно, видаляє пил і здійснює незначне лущення зерна, зберігаючи при цьому зародок. Під час обробки зерна оббійними машинами на поверхні зернівок з'являються надірвані оболонки, а в боріздках залишається пил, тому зерно додатково обробляють щітковими машинами.

В мийних машинах зерно очищається від легких і важких домішок, зернівки очищаються зовні від бруду гідродинамічною дією води, зволожуються. Після певної витримки зволоженого зерна (вилежування) усередині в зернівках відбувається диференційований розподіл вологи між оболонками й ендоспермом, структура оболонок стає пластично-в'язкою, а ендосперм крихким; послабляються зв'язки між ендоспермом і оболонками.

Усе це в сукупності під час подрібнення зерна полегшує відділення оболонок з мінімальними витратами ендосперму і зменшує енергомісткість процесу подрібнення. Застосування мийних машин у підготовчих відділеннях млинів с.-г. призначення є перспективним, спрощує технологію підготовки зерна до помелу, потребує меншої кількості машин.

У сучасних зернопереробних виробництвах найбільш поширений сухий спосіб очищення зерна оббійними та щітковими машинами. Їх класифікують за способами завантаження зерна і аспірації, конструкцією робочих органів та призначенням (рис. 4.12).

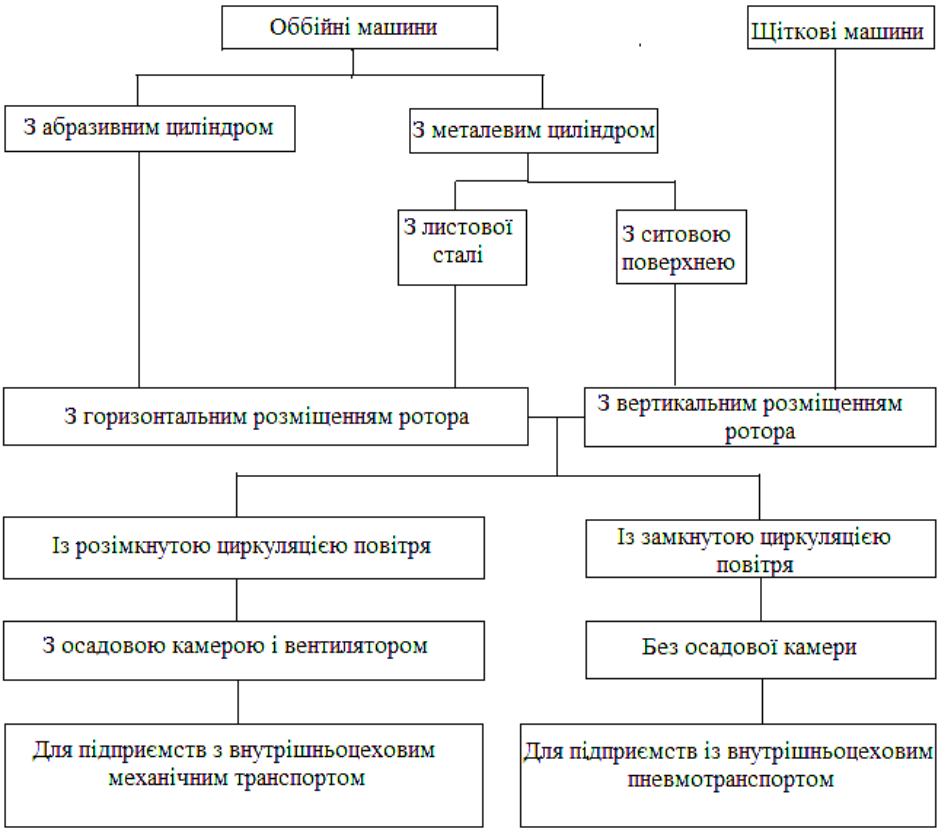


Рис. 4.12. Класифікація оббійних і щіткових машин

Машини з абразивним циліндром застосовують для попередньої обробки зерна з інтенсивною дією на зерно, машини зі сталевими суцільними і ситовими циліндрами – після обробки зерна в абразивних машинах. Щіткові машини застосовують на завершальній стадії підготовки зерна до помелу перед його подрібненням. Технологічну ефективність роботи оббійних і щіткових машин оцінюють відносними показниками: зниження зольності зерна ΔЗ; збільшенням битих зерен ΔД, %:

$$\Delta З = \frac{З_1 - З_2}{З_1} \cdot 100; \tag{4.1}$$

$$\Delta Д = \frac{Д_1 - Д_2}{Д_1} \cdot 100, \tag{4.2}$$

де $З_1$, $Д_1$ і $З_2$, $Д_2$ – відповідно зольність зерна і вміст битих зерен до і після обробки, %

Оббійні машини ЗНМ і ЗОМ-5 (рис. 4.13, 4.14) призначені для роботи в лініях переробки зерна з механічним транспортом.

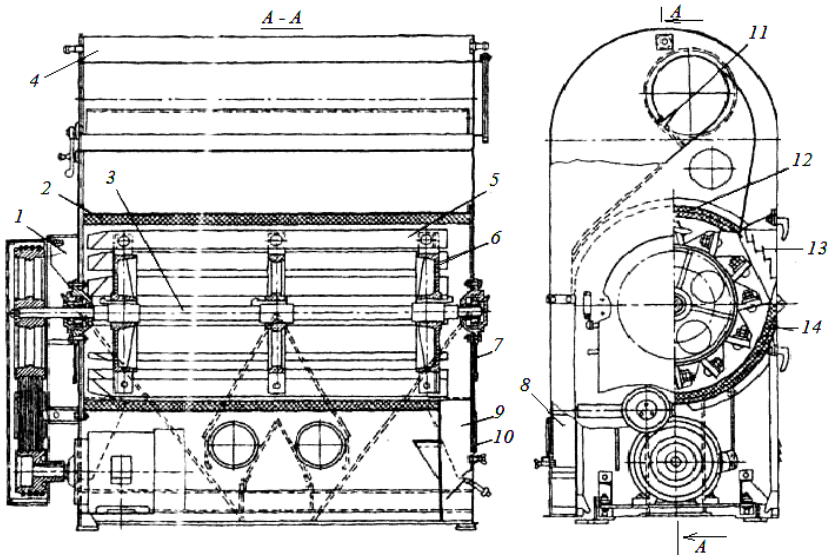


Рис. 4.13. Оббійна машина типу ЗНМ:

1 – прийомний патрубок; *2* – абразивний циліндр; *3* – бильний ротор; *4* – осадова камера; *5* – сталеве било; *6* – розетка; *7* – отвір для надходження повітря; *8* – вихідний патрубок; *9* – випускний патрубок; *10* – люк;*11* – клапан; *12* – верхній жолоб; *13* – жалюзі; *14* – нижній жолоб

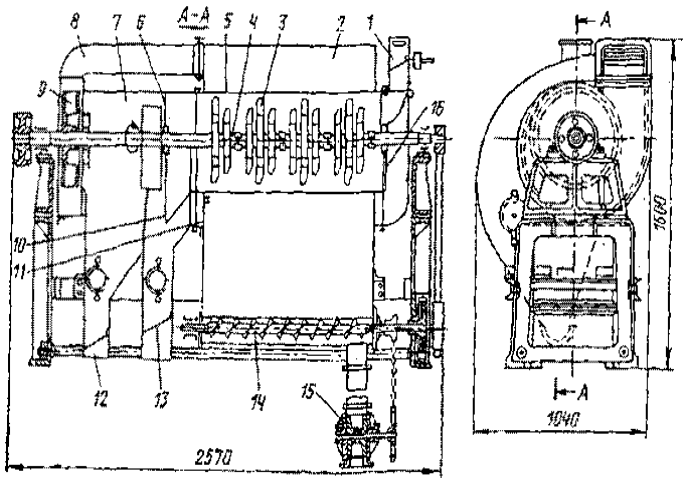


Рис. 4.14. Оббійна машина ЗОМ-5 з металевим циліндром:

1 – прийомний патрубок з клапаном; *2* – осадова камера для легких домішок; *3*– било; *4* – вал; *5* – сталевий циліндр; *6, 16* – сітка; *7* – осадова камера для важких домішок; *8* – повітровід; *9* – вентилятор; *10, 11, 12, 13* – клапани; *14* – шнек для переміщення домішок до випускного отвору; *15* – шлюзовий затвор

Машина типу ЗНМ складається з абразивного циліндра *2*, бильного ротора з повздовжніми билами, аспіраційно-осадового пристрою *4*, основи і приводу. Циліндр складається з нижнього жолоба *14* і жолоба *12* і жалюзі *13*. Нижній жолоб закріплено до основи, верхній – до рами осадової камери болтовими з'єднаннями, що дозволяє швидко і зручно заміняти циліндр під час ремонту.

Робочу поверхню циліндра утворюють абразивні вкладиші, які ставлять в обичайку і розкріплюють клинами. Зазори між вкладишами і торцевими стінками жолоба, а також простір між вкладишами і клинами заповнюють абразивною масою однакової рецептури.

У торцевих стінках нижнього жолоба зроблені отвори *7* для надходження повітря усередину циліндра. З внутрішньої сторони задньої стінки встановлено випускний патрубок *9*, у якому є вікно для надходження повітря, яке продуває оброблене зерно на виході із машини з лицьової сторони стінки розташований люк *10*, через який розвантажується машина у випадку завалу її зерном. У верхньому жолобі є приймальний патрубок *1*, який служить для подачі зерна в машину. Патрубок зміщений в сторону від осі циліндра по ходу бил. У ньому встановлені грати, що затримують велику домішку і сторонні предмети.

Бильний ротор складається з насаджених на приводний вал чавунних розеток *6*. До розеток кріпляться била *5* з нахилом до поздовжньої осі ротора. Ротор приводиться в обертовий рух від електродвигуна через клино-пасову передачу.

В осадовій камері є клапан *11* для регулювання швидкості повітряного потоку і патрубок *8* для випуску домішок. Оббійні машини цього типу не мають вентиляторів, їх приєднують до зовнішньої аспіраційної системи.

Пил і часточки оболонок, що виділяються в процесі обробки зерна відсмоктуються разом з повітрям через жалюзі і надходять в осадову камеру, де важчі частинки осідають на дно осадового конуса з гравітаційним клапаном, через який виводяться з машини. Легкі частинки виносяться з машини повітряним потоком в зовнішню аспіраційну систему цеху.

Оббійна машина ЗОМ-5 (рис. 4.14) складається із змонтованих на чавунній основі нерухомого сталевого циліндра *5*, бильного ротора з радіальними билами *3* і аспіраційної камери. Циліндр виготовлений із стального листа і має гладку внутрішню поверхню. На його торцевій стінці, з боку приводного шківа розташований прийомний патрубок *1* з регулювальним клапаном і сіткою *16*. Бильний ротор складається з вала *4*, на якому закріплені сталеві радіальні била *3* і лопатеве колесо вентилятора *9*. Ротор приводиться в рух через клинопасову передачу від трансмісії або електродвигуна. Аспіраційна камера складається з осадової камери *7*, вентилятора, повітропроводу *8*, вивантажувального шнека *14*, шлюзового затвору *15* і регулювальних клапанів *12,13*. Привід шлюзового затвору здійснюється від вала шнека ланцюговою передачею. Технічна характеристика оббивальних машин типу ЗНМ і ЗОМ-5 приведена у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Технічна характеристика оббивальних машин типу ЗНМ і ЗОМ-5

Показники	ЗНМ-2,5	ЗНМ-5	ЗОМ-5
Продуктивність, кг/с	0,7	1,4	1,4
Зниження зольності зерна, %	0,03...0,05	0,03...0,05	0,02 –
Збільшення битих зерен (не більше), %	0,5…1,0	0,5..1,0	0,5…1,0
Частота обертання бильного ротора, об/хв	456...490	336...400	500...1000
Колова швидкість ротора, м/с	13,0...14,0	13,0...15,6	20...23,2
Зазор між билами і робочою поверхнею циліндра, мм	17...25	20...35	–
Діаметр абразивного циліндра, м	0,6	0,7	0,47
Нахил бичів	1:10	1:8,5	–
Площа робочої поверхні циліндра, $м^2$	1,8	4,3	–
Витрата повітря, $м^3$/год	0,41…0,5	0,83	0,41 –

Потужність електроприводу, кВт	5,5	10	2,8
Габарити, мм: – довжина – ширина – висота	 1420 850 1800	 2150 1090 2180	 2570 1040 1600
Маса, кг	920	1820	930

Оббійні машини типу ЗНП і ЗМП призначені для очищення поверхні зерна в лініях переробки з пневматичним транспортом. Вони відрізняються між собою конструкцією робочого циліндра, а саме в машинах типу ЗНП робочий циліндр – абразивний, в машинах ЗМП – металевий. Функціональна схема машини типу ЗНП наведена на рисунку 4.15. Машина складається з робочого циліндра *2* і ротора з поздовжніми билами, електроприводу *3*, завантажувального та вивантажувального патрубків. Робочу поверхню абразивного циліндра виготовляють із суміші такого складу: зерна піщанику або корунду – 70%; магнезит – 15%; хлористий магній технічний – 12%. Зернистість піщанику вибирають від № 8 до № 26 в залежності від потрібної шорсткості робочої поверхні циліндра.

В машині зерно зазнає дії кількох чинників: ударів бил і ударів об поверхню циліндра; тертя зерна об поверхню і між собою. Абразивна поверхня діє на зерно інтенсивніше порівняно із сталевою, частково видаляються оболонки, борідки і зародки, а також оголяється ендосперм, що призводить до його втрати. Оббійна машина зі сталевою гладенькою поверхнею м’яко діє на зерно, видаляє пил і здійснює незначне лущення зерна, зберігаючи при цьому зародок.

Машина ЗМП-5 (рис. 4.16) складається з робочого циліндра *2* і ротора з радіальними билами*3*. Робочий циліндр складається з двох скріплених болтами жолобів, нижній жолоб *10* жорстко кріпиться до основи оббійної машини. У верхньому жолобі зроблені отвори з патрубками для приймання і виходу зерна.

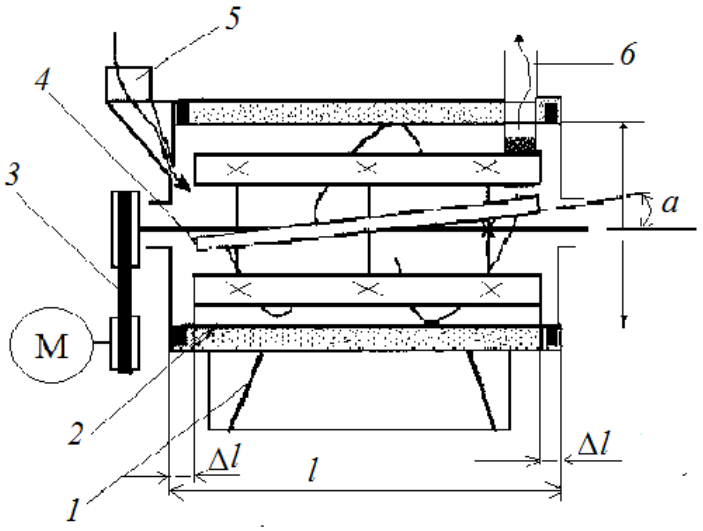


Рис. 4.15. Схема оббійної машини типу ЗНП:

1 – рама; *2* – абразивний циліндр; *3* – привід; *4* – бильний барабан; *5,6* – впускний і випускний патрубки

Приймальний патрубок обладнаний гратами, які затримують велику домішку і сторонні предмети. У з'єднанні вивідного патрубка машини з патрубком продуктопроводу пневмотранспорту встановлена регулювальна конусна насадка *6*, яку переміщають уздовж продуктопроводу у відповідне місце під час регулювання швидкості і кількості повітря при транспортуванні зерна.

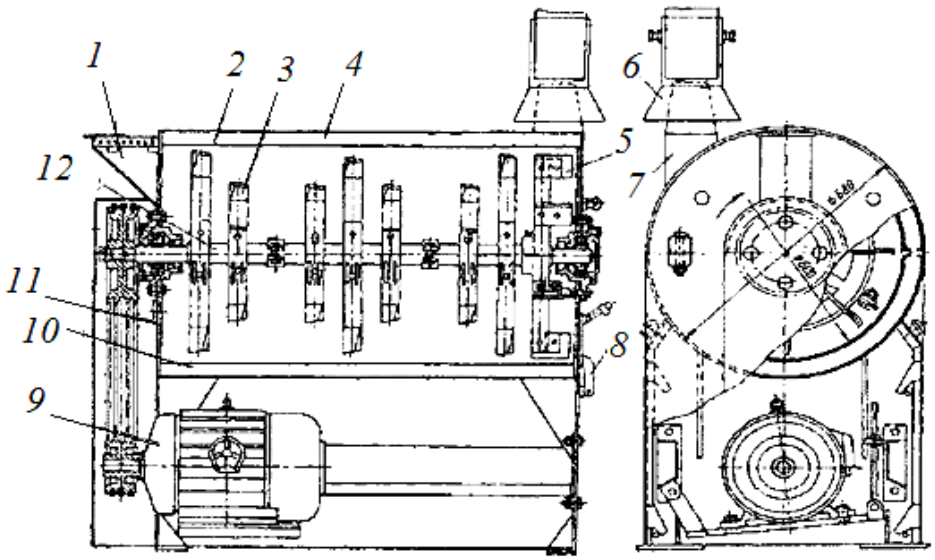


Рис. 4.16. Оббійна машина типу ЗМП-5:

1 – прийомний патрубок; *2* – нерухомий циліндр; *3* – било; *4* – верхній жолоб; *5* – крильчатка; *6* – конусна насадка; *7* – випускний отвір; *8* – клапан; *9* – електро-двигун; *10* – нижній жолоб; *11*– люк; *12* – вал

Люк *11* на передній торцевій стінці нижнього жолоба служить для підведення і регулювання кількості повітря, що надходить у робочий циліндр ззовні, а клапан *8* – для розвантаження машини від зерна у випадку завалювання машини зерном. Бильний ротор складається з вала *12*, сталевих радіальних бил *3* і крильчатки *5*. Крильчатка призначена для створення необхідної швидкості зерна на виході розвантажувального патрубка. Ротор приводиться в рух клинопасовою передачею від електродвигуна *9*.

Робочий процес машини відбувається так. Зерно прийомним патрубком *1* надходить у робочий циліндр, підхоплюється билами і відкидається на робочу поверхню циліндра. У результаті багаторазових ударів і інтенсивного тертя зерна об робочу поверхню циліндра і зерна між собою, розбиваються прилиплі до нього грудочки землі, відокремлюється бруд, боріздки, частково відбиваються від зернівок зародки і шматочки оболонок. Суміш зерна з відділеним брудом і оболонками спрямовується лопатками крильчатки *5* у вивідний патрубок *7* і далі у матеріалопровід пневмотранспортної системи. Інтенсивність обробки регулюють зміною швидкості обертання бильного ротора. Технічна характеристика оббійних машин типу ЗНП і ЗМП приведена у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Технічна характеристика обрійних машин типу ЗПН, ЗМП

Показники	ЗНП-5	ЗМП-5	ЗНП-10	ЗМП-10
Продуктивність, кг/с	1,4	1,4	2,8	2,8
Зниження зольності за один прохід,%	0,03...0,05	0,02...0,03	0,03...0,05	0,02...0,03
Частота обертання бильного ротора,	490	600	415	415

об/хв				
Колова швидкість ротора, м/с	14,5	18	16	16
Зазор між билами і робочою поверхнею циліндра, мм	17	17	20	20
Діаметр робочого циліндра, мм	600	600	790	790
Площа робочої поверхні циліндра, $м^2$	2,0	2,0	4,3	4,3

Оббійна машина з вертикальним розміщенням ротора типу РЗ-БМО (рис. 4.17) застосовується в лініях з механічним і пневматичним транспортом. Вона складається з корпусу *1*, сітчастого робочого циліндра *2*, бильного ротора *10* і живильного механізму *8*. Корпус *1* машини зварної конструкції, виготовлений із стального листа. На бічній поверхні корпусу є вікно з кришкою *12* для доступу до внутрішніх частин машини.

Живильний механізм складається з двох зварених між собою конусів *6* і *7* і підвішеного на пружинах до конуса *7* розподільчого диска *3*. Така конструкція забезпечує рівномірне завантаження і гравітаційне регулювання продуктивності робочого циліндра.

Сітчастий циліндр *2* складається з трьох однотипних секцій. Натяг сітчастого циліндра по діаметру регулюють дерев'яними прокладками.

Ротор *10* складається із закріплених на валу розеток *9* і стальних бил *11*. Била кріпляться до розеток болтами.

Вал ротора встановлений на двох підшипниках: верхній (роликовий сферичний) сприймає радіальні і осьові навантаження, нижній (кульковий сферичний) тільки радіальні навантаження.

З приймального патрубка зерно надходить у живильний механізм. По мірі накопичення зерна у нижньому конусі підвішений на пружинах диск під дією ваги зерна опускається. Через кільцеву щілину, що утворилася, зерно рівномірно сиплеться на верхню розетку ротора, з якого під дією відцентрових сил відкидається на била і внутрішню поверхню сітчастого циліндра. Завдяки багаторазових ударів і тертя зерна об робочі органи і між собою відбувається очищення поверхні зернівок від бруду.

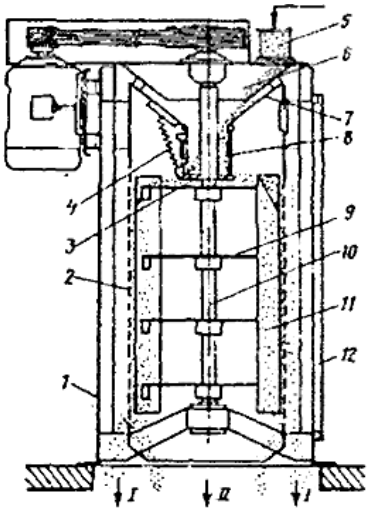


Рис. 4.17. Оббійна машина РЗ-БМО:

1 – корпус; *2* – сітчастий циліндр; *3* – диск; *4* – пружина; *5* – приймальний патрубок; *6* – верхній конус; *7* – нижній конус; *8* – живильний механізм; *9* – розетка; *10* – ротор; *11* – било; *12* – люк; *I* – відходи; *II* – очищене зерно; *III*– надходження зерна

Таблиця 4.7

Технічна характеристика оббійних машин

Показники	РЗ-БМО-6	РЗ-БМО-12	РЗ-БГО-6	РЗ-БГО-8	МО-1..4
Продуктивність, т/год	6	12	6...9	8...12	1...2
Потужність електродвигуна, кВт	11,0	15,0	5,5	15,0	3,0
Частота обертання ротора, об/хв	480	480	1130	1130	460
Діаметр, мм: – ротора – сітчастого циліндра	605 660	605 660	–	–	300 350
Габарити, мм: – довжина – ширина – висота – діаметр основи	1505 1075 1850 890	1505 1075 2100 890	–	–	1230 878 1600
Маса, кг	865	950	406	680	240

Оббійна машина РЗ-БГО-6 (рис. 4.18) застосовується в млинах і крупорушках з пневмотранспортом. Всі конструктивні вузли машини

(ротор, сітчастий циліндр, приймальний пристрій й ін.) закріплені до корпусу *1*. Корпус встановлений на станині *12* із стійками *9*, якими машина кріпиться до фундаменту. У корпусі машини є отвір *5*, до якого приєднують аспіраційний повітропровід пневмотранспорту.

Робочими органами машини є нерухомий сітчастий циліндр і бильний ротор. Сітчастий циліндр *4* (рис. 4.18,*а*) складається із дерев'яного каркаса і натягнутого на нього сітки з дроту гранованого профілю. Бильний ротор (рис. 4.18,*б*) складається з порожнистого вала *2*, до якого прикріплені гвинтами вісім сталевих бил *3*. До кожного била приварені гонки *4*, які на чотирьох билах закріплені під кутом 80° до осі ротора, а на інших – під кутом 60°. П'ять крайніх гонків з обох кінців била коротші середніх. Така будова ротора обумовлює зміну швидкості переміщення зерна уздовж циліндра, при цьому збільшується інтенсивність тертя зерна об робочі органи машини. Привід ротора здійснюється від електродвигуна *11* за допомогою клинопасової передачі. Приймальний пристрій складається з приймального патрубка *2* і магнітного уловлювача з постійними магнітами *3*, в якому блок магнітів із знімним лотком фіксується гравітаційним замком. Для видалення металомагнітних домішок лоток з магнітами знімають.

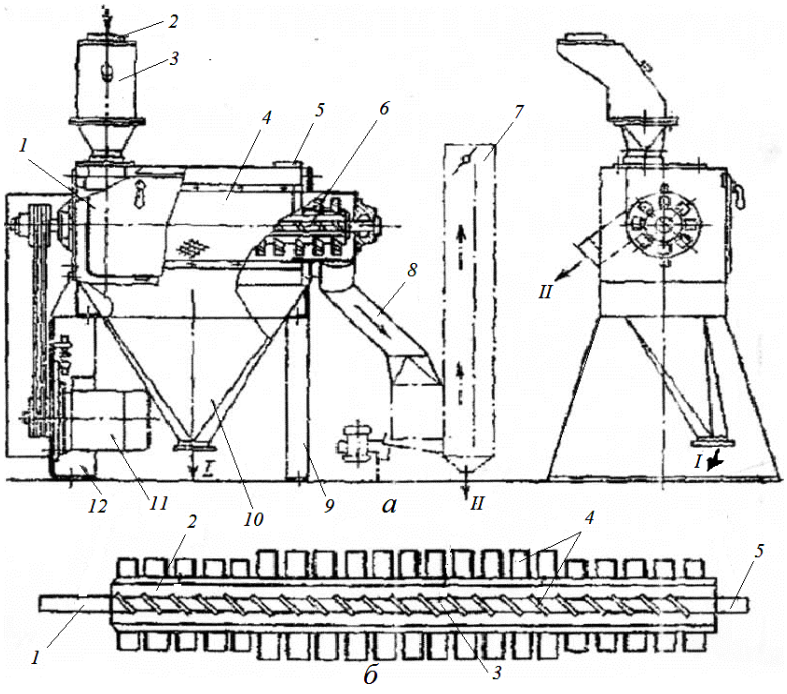


Рис. 4.18. Оббійна машина РЗ-БГО-6:

а – загальний вигляд: *1* – корпус; 2 – приймальний патрубок; *3* – магнітний уловлювач; *4* – сітчастий циліндр; *5* – отвір для з'єднання машини з аспіраційною системою; *6* – бильний ротор; *7* – аспіраційний канал; *8* – патрубок; *9* – стійка; *10* – вивантажувальний конус; *11* – електродвигун; *12* – основа; *I* – лузга; *II*– зерно; *б* – бильний ротор: *1,5* – цапфи; *2* – вал; *3* – било; *4* – гонки

Робочий процес в машині відбувається наступним чином. Зерно безперервним потоком поступає в приймальний пристрій, звільняється від металомагнітних домішок і вводиться у робочий простір машини між сітчастим циліндром і ротором, переміщується уздовж робочої зони циліндра до вихідного патрубка *8*. В робочому просторі зерно піддається багаторазовому удару та інтенсивному тертю об робочі органи, завдяки чого воно очищається від бруду і лущиться. Оброблене зерно вивідним патрубком *8* подається в пневмосепаруючий канал *7*, в якому очищається від легких продуктів лущення (борошенця, дрібних часточок лузги), і виводиться з машини. Лузга проходить через сітчастий циліндр *4* і осідає у випускному конусі *10* з якого виводиться назовні. Продуктивність машини РЗ-БГО-6 регулюють в межах 6...9 т/год.

Оббійна машина РЗ-БГО-8 складається із двох робочих секцій, кожна з якої має будову аналогічну будові машини РЗ-БГО-6, та приймального пристрою. Приймальний пристрій розміщений між робочими секціями в центрі машини. Він має регулювальні клапани і канали, за допомогою яких зерно поділяють на два рівномірні потоки для живлення робочих секцій.

На сучасних сільськогосподарських зернопереробних підприємствах застосовують оббійні машини малої продуктивності МО-1...4 із сітчастими (типу БГО) і абразивними робочими циліндрами з конструктивним виконанням для роботи з внутрішнім пневмотранспортом.

Для нормальної роботи оббивальних машин необхідно дотримуватись таких вимог:

- аспіраційні труби, клапани і кришки люків повинні мати

щільні з'єднання, які не допускають підсмоктування повітря у пневмотранспорт і виділення пилу з машини назовні;

- подача зерна в машину має бути номінальною і рівномірною, так як при неповному завантаженні виходить багато битих зерен, а при перевантаженні знижується якість очищення зерна;
- у зерні не повинно бути каменів і металевих домішок, так як вони можуть призвести до виникнення іскріння, наслідком якого може бути пожежа або вибух при певній концентрації пилу, який утворюється під час очищення зерна;
- необхідно систематично перевіряти стан робочої поверхні циліндра, жалюзі і клапани, так як несправності їх спричинюють зниження технологічної ефективності обробки і значні втрати зерна.

Технологічний розрахунок оббійних машин. Продуктивність оббійних машин визначають за формулою:

$$Q = \pi D l q, \qquad (4.3)$$

де Q – продуктивність технологічної лінії, кг/год;
D – діаметр циліндра, м;
l – робоча довжина циліндра, м;
q – питоме навантаження, кг/(м^2·год) (табл. 4.8)

Таблиця 4.8

Питомі витрати і навантаження на оббійні машини

Культура	Машина з циліндром					
	абразивним			металевим		
	q, кг/(м^2·год)	q, м^3/кг	q, кВт·год/кг	q, кг/(м^2·год)	q, м^3/кг	N_o, кВт·год/кг
Пшениця	1000	600	$1{,}2\cdot10^{-3}$	4500	200	$5\cdot10^{-4}$
Жито	800	1000	$1{,}5\cdot10^{-3}$	4000	250	$4\cdot10^{-4}$
Ячмінь	600	700	$9\cdot10^{-4}$	600	500	$5\cdot10^{-4}$

Діаметр циліндра D, м, визначають за формулою:

$$D = \sqrt{kQ/(\pi q)}, \quad (4.4)$$

де k = 0,5...0,8 – відношення діаметра циліндра до його довжини

Витрата повітря:

$$W = q_w Q, \quad (4.5)$$

де q_w – питомі витрати повітря, м^3/кг (табл. 4.8)

Робоча довжина циліндра і бильного барабана, м: $l = D / k$.

Повна довжина циліндра:

$$l\mu = l + 2 \cdot \Delta l, \quad (4.6)$$

де Δl = 0,01...0,03 – зазор між билами і внутрішньою поверхнею циліндра (табл. 4.9), м

Потрібну потужність для приведення ротора в дію визначають за емпіричною залежністю:

$$N = N_o Q, \quad (4.7)$$

де N_o – питомі витрати потужності, кВт·год/ кг (див. табл. 4.8)

Таблиця 4.9

Кінематичні та конструктивні параметри оббивальних машин

Параметри	Технологічна операція					
	Очищення		Лущення (шеретування)			
			ячменю		вівса	
	пшениці	жита	Крупна фракція	Дрібна фракція	Крупна фракція	Дрібна фракція
Колова швидкість v, м/с	13...15	15...18	17...18	19...20	18...19	21..22
Радіальний зазор δ,мм	25...30	20...25	20...22	16...18	22...25	17...20

Поздовжній нахил била,˚	10...12	8...10	7...8	6...7	10...11	8...9

Потужність електродвигуна, кВт:

$$N_{дв} = N/\eta, \qquad (4.8)$$

де η – ККД передачі

Максимальну колову швидкість ротора v_{max} приймають приблизно в два рази меншою від швидкості удару v_y=40 м/с, при якій подрібнюється зерно, тобто $v_{max}\approx$ 20м/с.

4.2.7. Щіткові машини

Щіткові машини. Під час обробки зерна оббійними машинами на поверхні зернівок з'являються надірвані оболонки, а в боріздках залишається пил, тому зерно додатково обробляють щітковими машинами (рис. 4.19, 4.20). На борошномельних підприємствах із внутрішньоцеховим пневматичним транспортуванням зерна використовують машини БЩГ-5 і БЩП-10, а на підприємствах із механічним транспортом - машини БЩМ-5 і БЩМ-10.

Щіткові машини типів БЩП, БЩМ (рис.4.19) мають багато однакових вузлів і складаються із розбірного металевого корпусу *1*, усередині якого змонтовано щітковий ротор *4* і дека *8*, живильний валик *9*, механізм *10* для регулювання рівномірності подачі зерна вздовж щіткового ротора, механізму регулювання зазору між щітками ротора і деки і електроприводу. Дека складається з трьох шарнірно з'єднаних блоків щіток *5* і двох щік *4*, на кінцях яких закріплені зубчасті сектори *6* механізму регулювання зазору, до складу входять черв'ячна передача *8* зі штурвалом *9* та зубчасті сектор *6* і колесо *7*.

В машині типу БЩП оброблене зерно виводиться у матеріалопровід *15* механічною швирялкою *14*, крильчатка якої закріплена на валу вивантажувального шнека *2*, а з машини з механічним транспортом (тип БЩМ) – через нижнє вікно *13* у корпус швирялки.

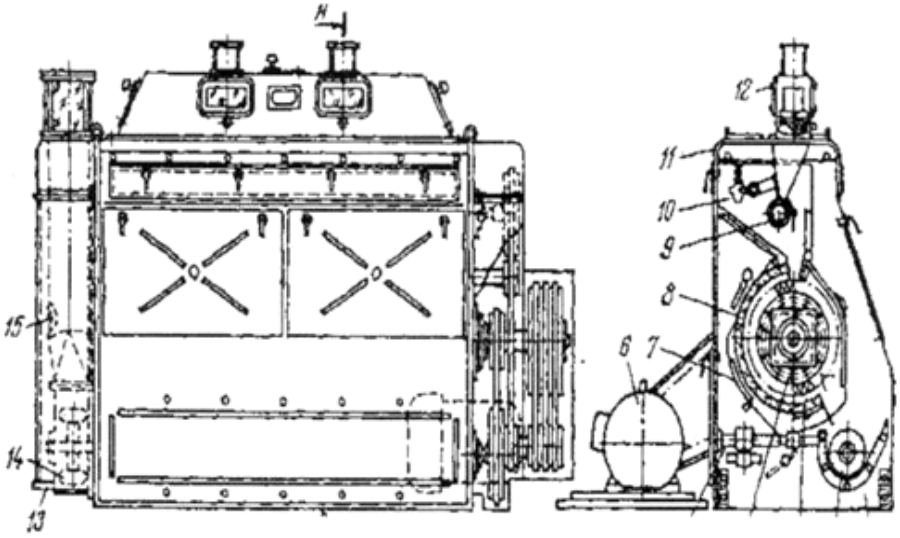


Рис. 4.19. Загальний вигляд щіткової машини:

1 – корпус; *2* – шнек; *3* – рухлива щока; *4* – щітковий ротор; *5* – механізм повороту деки; *6* – електродвигун; *7* – шкала; *8* – щіткова дека; *9* – живильний валик; *10* – механізм для регулювання подачі зерна; *11* – кришка корпусу; *12* – живильний патрубок; *13* – вікно швирялки; *14* – крильчатка швирялки; 15 – продуктопровід

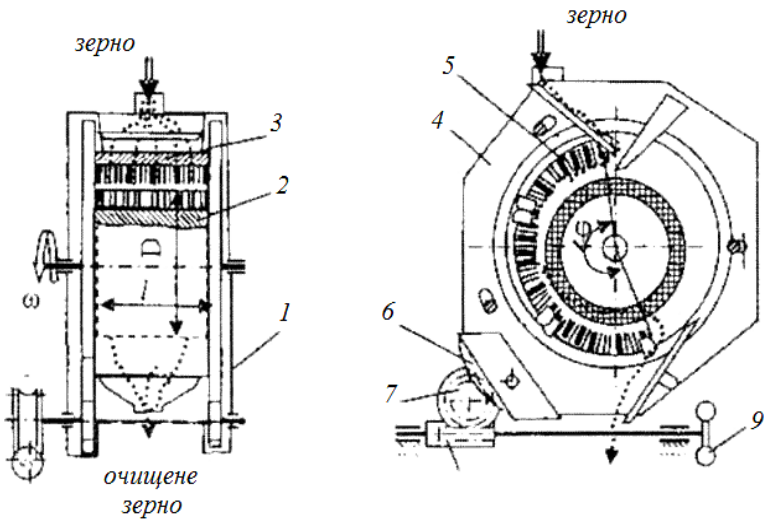


Рис. 4.20. Функціональна схема щіткової машини:

1 – корпус; *2* – щітковий барабан; *3* – щіткова дека; *4* – щока деки; *5* – блок щіток; *6* – губчастий сектор; *7* – зубчасте колесо; *8* – черв'ячна передача; *9* – штурвал

Технологічний процес очищення зерна наступний. Зерно з приймального патрубка самопливом надходить у живильний патрубок *12* і на живильний валик *9*, який рівномірно шаром подає його в робочу зону машини. Очищення зерна від надірваних оболонок і пилу відбувається дією на нього щіток ротора і деки. Оброблене щітками зерно виходить з робочої зони деки і падає в жолоб шнека *2*, гвинтом якого спрямовується у швирялку, яка подає його у продуктопровід *15* пневмотранспорту. Якість очищення зерна залежить від величини робочого зазору, який встановлюють відповідними поворотами щок відносно основи машини за допомогою штурвалів *9* механізму регулювання зазору. Відлік зазорів роблять за закріпленими на щоках шкалами *7* і нерухомими покажчиками на основі машини. Максимальний робочий зазор між щітковими поверхнями деки *8* і ротора *4* складає 6±2 мм.

Повітря в машину типу БЩП поступає через розташовані у верхній частині корпусу жалюзі, а в машину із внутрішньоцеховим механічним транспортуванням (тип БЩМ) – через вікна в нижній частині основи і клапан у бічній стінці корпусу. Жалюзі і клапан служать для регулювання швидкості повітряних потоків в аспіраційних каналах машини.

На технологічну ефективність впливають наступні фактори:

– технологічні властивості зерна (скловидність, вологість, твердість і т.д.);

– параметри основних робочих органів машини (частота обертання ротора, геометричні і механічні характеристики робочої поверхні, зазор, кут нахилу бил, рівномірність завантаження, ефективність роботи аспірації тощо);

– питоме зернове навантаження на машину.

Таблиця 4.11

Технічна характеристика щіткових машин

Показники	БЩМ-5, БЩП-5	БЩМ-10, БЩП-10	МЩ7
Продуктивність, т/год	1,4	2,8	7
Зниження зольності за один прохід, %	0,02...0,04	0,02...0,04	

Частота обертання щіткового ротора, об/хв	325	325	1340
Розміри, мм – діаметр щіткового ротора – довжина	 360 1070	 360 1570	 300 1100
Витрата повітря на аспірацію*, $м^3$ /с	0,415/300	0,83/300	500
Електродвигун: – потужність, кВт – частота обертання, об/хв	 4,0 950	 7,5 980	 5,5
Габарити, мм: – довжина – ширина	 1650 1370	 2300 1550	 1770 480
– висота	1550	1550	1375
Маса, кг	710	988	320

Примітка.* В чисельнику приведено витрати повітря на аспірацію машинами виконання для роботи з механічним транспортом, в знаменнику – з пневмотранспортом.

Технологічний розрахунок оббійних машин. Продуктивність щіткових машин Q, кг/год., визначають за формулою:

$$Q = 0,5Dl\varphi q, \qquad (4.9)$$

де D– діаметр деки, м;

l – довжина деки, м;

q - 12000...14000 – питоме навантаження на деку, кг/($м^2$·год.);

$\varphi = \pi ... 1,1\pi$ – кут обхвату барабана декою, рад

Необхідну потужність 14, кВт, для приведення щіткового барабана в дію визначають за емпіричною формулою:

$$N=N_oQ \qquad (4.10)$$

де N_o – $(3…5)\cdot 10^{-4}$ – питома потужність, кВт·год/кг

4.2.8. Скальператори

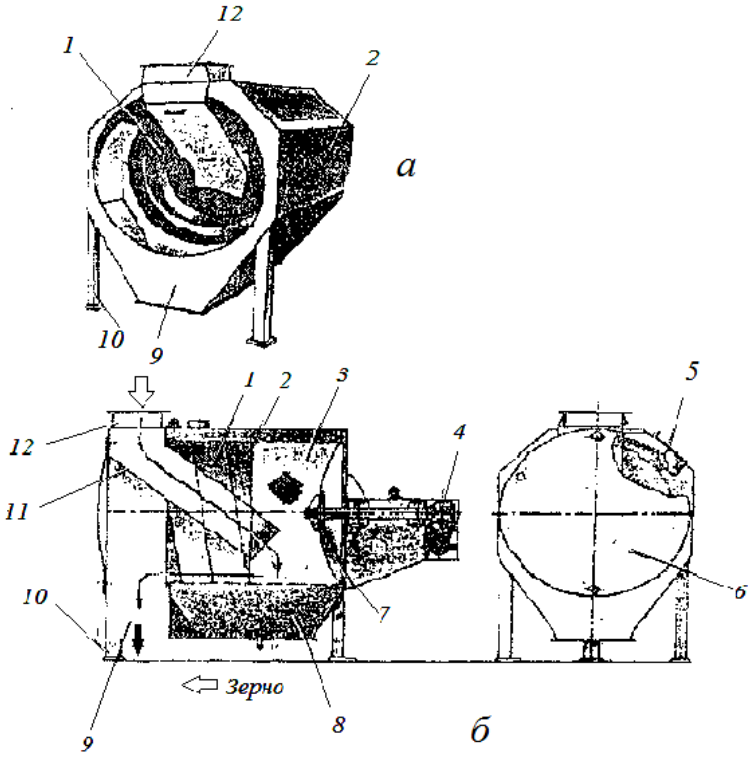
Барабанний скальператор А1-БЗО призначений для попереднього очищення зерна від великих домішок (каменів, стебел рослин, палки, великі грудки землі і ін.). Скальператор А1-БЗО складається із наступних основних вузлів: ситового циліндра, корпусу, приводу (рис. 4.21).

В робочій камері корпусу скальператора встановлений ситовий циліндр *3*. В нижній частині корпусу похилими стінками утворені випускні патрубки *8, 9* для зерна і для великих домішок відповідно. У верхній частині корпусу знаходиться прийомний патрубок *12*. До корпусу приварені три стійки *10* з опірними пластинами для кріплення до перекриття за допомогою анкерних болтів. На одному торці корпусу з зовнішньої сторони приварений кронштейн для кріплення опор вала ситового циліндра і приводу. З протилежного торця розташоване вікно для зняття і встановлення ситового циліндра з пристроєм для очищення сот. Воно закривається знімною кришкою *6*.

Горизонтальний ситовий циліндр *3* із металотканої сітки закріплений консольно на привідному валу і являється основним робочим органом машини. Він складається із сферичного днища *7*, приймальної частини циліндричного сита з отворами розміром 10×10 мм. На внутрішній поверхні сходової частини ситового циліндра приварена гвинтоподібна лопать *1* із листової сталі для прискорення виводу домішок із машини.

Привід *4* складається із асинхронного двигуна, клинопасової передачі і черв'ячного редуктора.

Щітка *5* для очищення сит встановлення вздовж ситового циліндра і закріплена в тримачі, який може повертатися на шарнірі. Тримач зі щіткою притискається до ситової поверхні пружинами.



Зерно

Крупні домішки

Рис. 4.21. Скальператор А1-БЗО:

а – конструкція; *б* – технологічна схема; *1* – лопать гвинтоподібна; *2* – корпус; *3* – циліндр ситовий; *4* – привід; *5* – щітка-очисник; *6* – кришка знімна; *7* – днище сферичне; *8* – патрубок випускний для зерна; *9* – патрубок випускний для великих домішок; *10* – стійка; *11* – лоток; *12* – патрубок приймальний; *I* – зерно вихідне; *II* – зерно очищене; *III* – домішки великі

Технологічний процес виділення великих домішок у скальператорі А1-БЗО здійснюється наступним чином. Зернова суміш подається всередину ситового циліндра – в прийомну частину сита з великими отворами. Очищене зерно практично безперешкодно просівається і виводиться із машини. Великі домішки переміщуються в сходову частину сита з меншими отворами, через які проходять зерна ті, що не відділилися в прийомний частині. Великі домішки виводяться із машини через патрубок.

На ефективність роботи скальператора впливають частота обертання ситового циліндра, розміри чарунок сита і очищення сит. Ефективність роботи цієї машини 100%. Оперативного регулювання скальператор не вимагає. В процесі експлуатації машину один раз в місяць оглядає провіряючи стан ситового циліндра і щіток – очисників. У випадку попадання повноцінного зерна у відходи необхідно зупинити машину і провірити роботу очисників сит. Відмінною особливістю скальператора А1-БЗО є висока ефективність очищення від великих домішок, проста заміна сит і висока надійність роботи.

4.2.9. Зволожуючі машини і апарати

Зволожуючі пристрої комплектних установок застосовуються на етапі зволоження зерна перед відволожуванням і дозволоженням для короткочасної витримки перед напрямленням зерна на першу драну систему вальцьового верстата.

Зволоження зерна є важливим етапом підготовки зерна до помелу, що впливає як на підвищення ефективності процесу здрібнювання, так і на кінцеві результати – вихід й якість готової продукції. При зволоженні структура ендосперму змінюється: відбувається його розпушення, міцність його знижується, і в процесі здрібнювання він легше руйнується. Міцність же оболонок зростає, і ендосперм легше відокремлюється від них у процесі здрібнювання. Оболонки виходять більшими і у процесі сортування продуктів на розсівах легше відокремлюються. Величина зволоження і тривалість процесу відволоження зерна залежить від вихідної характеристики партії зерна.

Тривалість відволоження зерна коливається в широких межах – від 6 до 12 годин. Вологість пшениці, що направляється на здрібнювання, рекомендується підтримувати її на рівні 15,5 – 16,0%, жита – 14,5 – 15,0%.

У процесі дозволоження і короткочасної витримки волога не встигає проникнути в ендосперм. Вологість оболонок виявляється на 5 – 8% вище вологості ендосперму. Міцність оболонок істотно зростає, і вони подрібнюються не так інтенсивно, як раніше зволожений

ендосперм. Таким чином, при подальшому здрібнюванні виходять такі продукти, які добре сортуються по крупності і якості.

Витрату води $G_в$ (м^3/год) для зволоження зерна $G_З$ (т/год) визначають по залежності:

$$G_В = G_З \frac{В_К - В_Н}{100 - В_К}, \quad (4.11)$$

де $B_к$ і $B_н$ – відповідно початкова й кінцева вологість зерна, %

На комплектних млинах малої потужності, як правило, застосовується однократне зволоження перед напрямком зерна на відволоження.

Апарати зволоження при цьому мають просту конструкцію у вигляді ємностей з тарованим краном для подачі води в змішувальний шнек для розподілу вологи. В деяких установках для дозованої подачі використовуються ротаметри.

В останніх моделях млинів АВМ-2, Р6-АВМ-50, «Харків'янка» і деяких інших передбачене дворазове зволоження: до відволоження й перед першою драною системою. При цьому на обох етапах в основному використовуються, як і на промислових млинах, машини для інтенсивного зволоження зерна типу БШУ. На першому етапі вони розраховані на зволоження до 5%, а на другому – до 1,0 %; відрізняються вони в основному довжиною шнека.

Різні фірми застосовують машини принципово одного конструктивного рішення. Відрізняються вони довжиною шнека, приводом та пристроєм регулювання подачі води, найчастіше з міркувань компонування. Витрата води в більшості випадків контролюється ротаметром.

Відволожувальні машини типу А1-БШУ (рис. 4.22) в якості основного робочого органа мають бичевий ротор *2*, змонтований у корпусі *3* з нержавіючої сталі, і мають рознімання в горизонтальній площині. Обидві половини з'єднані між собою болтами. З торців корпусу до стінок болтами прикріплені опори *15* для установки підшипників *1*. Корпус машини має прийомний *5* і випускний *17* патрубки.

Ротор складається з вала, виконаного зі сталевої пустотілої труби діаметром 140 мм. З обох її сторін уварені цапфи. На трубі приварені шпильки до яких прикріплені бичі, а також два знімних гонка. Чотири бичі мають перегони, установлені площиною до осі ротора під кутом 60°. перегони інших бичів – під кутом 70°. На кожному бичі розташований 21 гонок. Бичі й перегони виконані з нержавіючої сталі.

Ротор обертається у двох підшипникових опорах, що мають сферичні дворядні кулькові підшипники. Обертання ротора від електродвигуна через клинопасову передачу *14*. Електродвигун і мікровимикач мають пилозахисне виконання. Дві половини кожуха (мають горизонтальну площину рознімання) виконані з листової сталі товщиною 1 мм. Вони з'єднуються між собою запорами. Для гасіння шуму всередині кожуха встановлено поролонова прокладка.

Індикатор наявності зерна складається з корпуса, важеля й пластини сигналізатора. В останньому розміщені деталі виконавчого механізму й мікровимикача, що служить для автоматичного включення й вимикання подачі води на зволоження. Панель являє собою вертикальну металеву пластину, на якій розташовані фільтруючі, регулюючі, виконавчі й контрольні прилади.

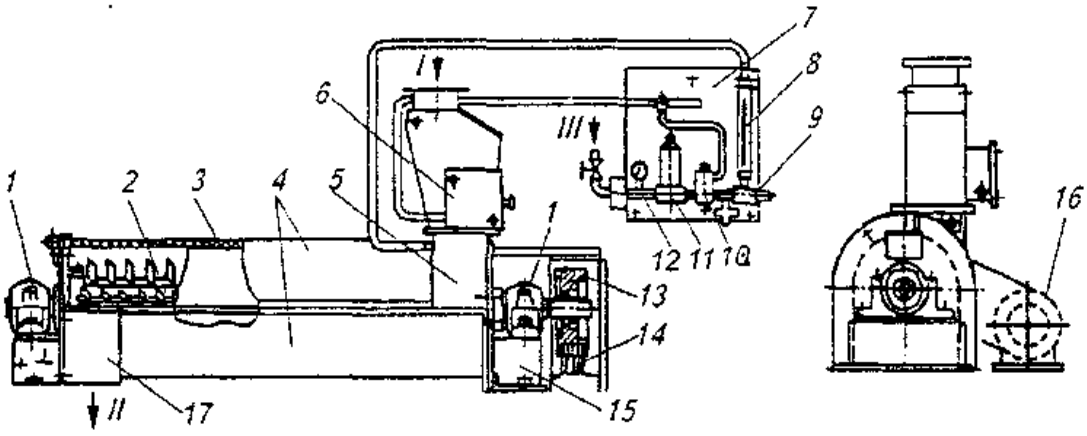


Рис. 4.22. Машина для інтенсивного зволоження зерна типу А1-БШУ:

1 – підшипники; *2* – ротор; *3* – корпус; *4* – кожух; *5* – прийомний патрубок; *6* – індикатор наявності зерна; *7* – панель; *8* – ротаметр; *9* – голчастий вентиль; *10* – мембранний електромагнітний вентиль; *11* – фільтр; *12* – регулятор тиску; *13* – приводний шків; *14* – клино-пасова передача; *15* –

опора; *16* – приводний електродвигун; *17* – випускний патрубок; *I* – надходження зерна; *II* – вихід зерна; *III* – надходження води

Технологічний процес у машині відбувається в такий спосіб. З пульта керування зволожувач включають на холостий хід, після чого через приймальний патрубок індикатор наявності зерна подає зерно. Під дією потоку зерна пластина з важелем відхиляється і мікровимикач замикає електричний ланцюг. Електромагнітний вентиль спрацьовує й відкриває отвір для подачі води з водопроводу через регулятор тиску *2* фільтра *11*. електромагнітний вентиль *10*, голчастий вентиль *9*, ротаметр *8*.

Завдяки особливому пристрою ротора і його великій частоті обертання, зерно інтенсивно перемішується, насичується вологою й переміщається від прийому до випуску. У зв'язку з короткочасним, але інтенсивним впливом на зерно забезпечується значне його зволоження при мінімальній витраті води. Керування приводом і подачею зерна здійснюють в автоматизованому режимі з пульта керування. Частота обертання ротора становить 1140 – 1160 об/хв.

Зволожувальні машини типу БМК-3, БМК-3М випускаються з продуктивністю відповідно 1,0 т/год та 1,5 т/год. Машини призначені для використання в процесах підготовки зерна до помелу на млинах малої потужності. У машині здійснюється дозування зволоженого зерна, що з наступним його відволоженням дозволяє полегшити відділення оболонок при незначних втратах ендосперму й більш ефективно вести послідовний процес здрібнювання.

Машина (рис. 4.23) складається з наступних основних вузлів – циліндричного корпусу *5*, ротора *6*, кожуха *12*, приводного електродвигуна *19* характеризується клинопасовою передачею *16* і панеллю *20*.

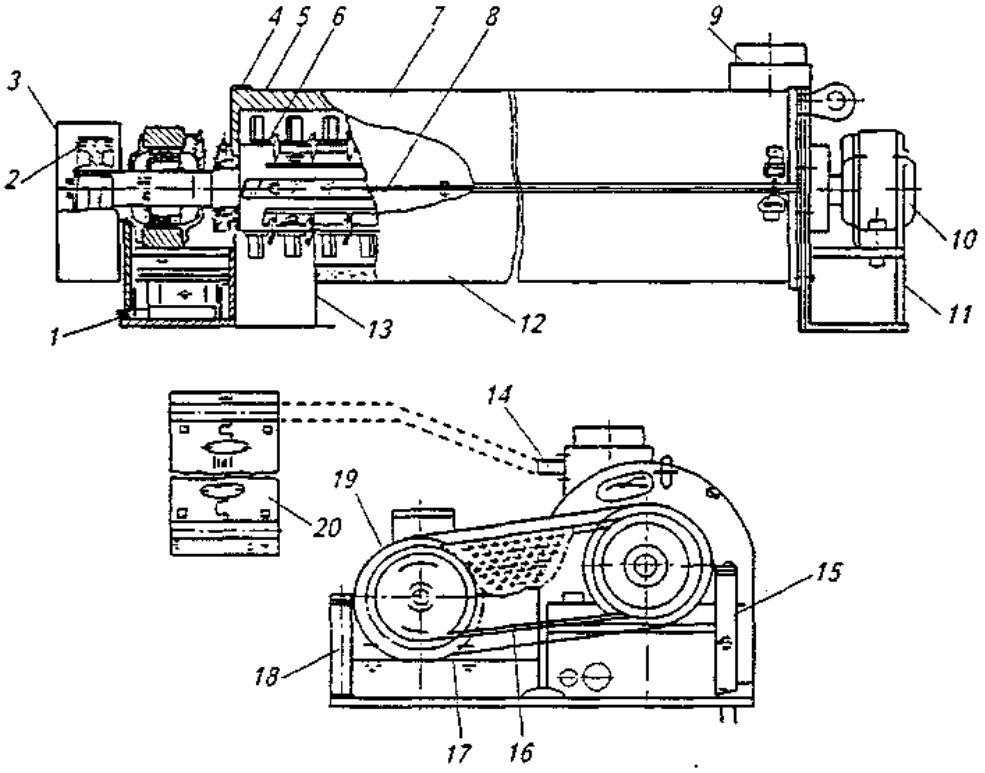


Рис. 4.23. Зволожувальна машина БМК:

1, *11* – опори; *2* – шків; *3* – огородження; *4* – прокладка; *5* – корпус; *6* – ротор; *7* – кришка; *8* – прокладка; *9* – прийомний патрубок; *10* – корпус підшипника; *12* – кожух; *13* – випускний патрубок; *14* – штуцер; *15, 18* – кронштейни; *16* – клинопасова передача; *17* – платформа; *19* – привід; *20* – панель

Корпус машини виконаний із нержавіючої сталі, має рознімання в горизонтальній площині. Кришка *7* з'єднується з нижньою частиною корпуса болтами. У місці з'єднання встановлюється прокладка *8*.

З торців корпуса до стінок прикріплені болтами опори *1* та *11* для установки корпусів підшипників *10*. Корпус має прийомний *9* і випускний *13* патрубки.

Корпус виконаний із двох половин (має горизонтальну лінію рознімання) з листової сталі. Обидві половини з'єднуються між собою запорами.

Ротор – основний робочий орган машини. Він складається з вала, виконаного зі сталевої пустотілої труби. З обох його сторін уварені цапфи. На трубі приварені шпильки, до яких прикріплені вісім бичів з

перегонками. Чотири бичі мають перегонки, які установлені площиною до осі ротора під кутом 60°. Гонки інших чотирьох бичів установлені під кутом 80°. Бичі й перегони виконані зі сталі. Ротор обертається у двох підшипникових опорах кочення, що мають сферичні дворядні кулькові підшипники.

Привід ротора в обертання здійснюється від шківа електродвигуна на шків *2* вали ротора за допомогою клинопасової передачі.

Електродвигун установлюється на платформі *17*, яка за допомогою гвинта переміщається для забезпечення натягу ременів. Привід закритий огородженням *3*, який підтримується кронштейнами *15* та *18*.

На панелі встановлені ротаметр і система трубопроводів зі штуцерами. Верхній штуцер панелі з'єднується зі штуцером *15* прийомного патрубка гнучким шлангом. Нижній штуцер з'єднується з водогінною мережею.

Технологічний процес у машині відбувається наступним способом. Відповідно до необхідного зволоження вентилем за допомогою ротаметра встановлюють певну витрату води. При надходженні через приймальний патрубок у корпус машини зерна і води, завдяки перегонам і великій частоті обертання ротора, зерно інтенсивно перемішується, насичується вологою й переміщається від приймання до випуску.

У зв'язку з короткочасним, але інтенсивним впливом на зерно забезпечується значне його зволоження при мінімальній витраті води.

Таблиця 4.12

Технічна характеристика зволожувальних машин БМК

Показники	Модель	
	БМК-3	БМК-3М
Продуктивність, т/год	1	1,5
Установлена потужність, кВт	1,5	3
Займана площа, $м^2$	1,1	1,1

Витрата води, л/год	65	100
Частота обертання ротора, (об/хв)	1100	910
Середній наробіток на відмову, год	500	500
Габарити, мм:		
довжина	1936	1936
ширина	600	600
висота	370	370
Маса, кг	200	230

4.2.10. Вібраційні зволожувачі

У цей час на борошномельних заводах сортового помелу в основному застосовується зволоження зерна за допомогою мокрого лущення та апаратів інтенсивного зволоження з відволоженням протягом 16-20 год в залежності від вологості й скловидності зерна. На старих млинзаводах використовують мийні машини типу БМА й БМБ.

Процес зволоження й гідротермічної обробки є постійним предметом дослідження й удосконалювання вітчизняних і закордонних фахівців. Наприкінці 80-х років на фірмі «Мюленбау Виттенберг» почали випускатися установки вібраційного зволоження «Вибронет». На думку фахівців цієї фірми, за допомогою установки «Вибронет» вдається ввести вологу в зерно швидше, гігієнічніше і дешевше. Установлені на борошномельних заводах Німеччини, Франції, США, Туркменії, Росії, України та інших країн системи «Вибронет», за даними фірми, в основному підтверджують проектні параметри.

Особливе значення цей спосіб має для комплектних млинів. Це пояснюється тим, що бункери відволоження в них займають великий обсяг, і скорочення їхньої ємності істотно знижує габарити й підвищує компактність комплектних млинів і відповідно, загальні технічні показники.

Зволожувальна установка «Вибронет» (рис. 4.24) виконана у вигляді приймального пристрою *2*, камери змішування *3* із приводом *1*, вібраційної шахти або каналів *4* з вібратором *7*, випускного механізму *5* з приводом *6* і системами подачі води *8*.

Заздалегідь установлена кількість води для зволоження надходить разом з очищеним зерном в установку для попереднього змішування, в якій зерно змішується з водою без інтенсивного стирання й механічних ушкоджень. Суміш зерна й води безупинно надходить через вібраційну шахту, яка в залежності від пропускної маси складається з одного або двох каналів. Через спеціально сконструйовані вібраційні мотори шахта приводиться в рух. Ця вібраційна енергія знімає поверхневий натяг води так, що вона, як плівка, обвивається навколо зерен. Вода для зволоження рівномірно й швидко надходить через зовнішні оболонки до ендосперму.

Механізм виводу зерна забезпечує безперервний вихід зерна з машини (вібраційної шахти) із заданим ступенем зволоження й направляє його на відволоження. Установка має автоматизоване керування подачею води залежно від вологості зерна, що фіксується на табло до і після зволоження. Діапазон зволоження зерна від 10% до 20%.

Зернові й круп’яні культури перед гідродинамічною обробкою повинні зволожуватися до певної величини.

Згідно схеми (рис.4.25) забезпечується дозована подача води в систему. Рівень вологості контролюється безупинно й негайно коректується.

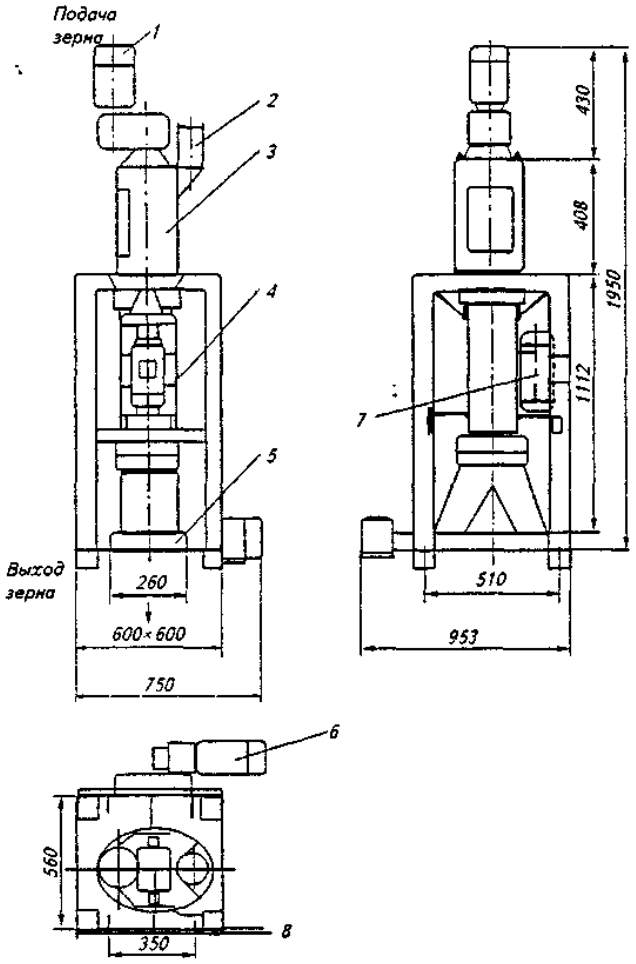


Рис. 4.24. Вібраційна зволожувальна установка «Вибронет»:

1 – привід змішувальної камери; *2* – прийомний пристрій; *3* – камера змішування; *4* – вібраційна шахта; *5* – випускний механізм; *6* – привід випускного механізму; *7* – вібратори; *8* – підведення води

Переваги вібраційного способу в порівнянні із традиційним зволоженням (за даними фірми) досить істотні. Зменшується (в 3-4 рази) тривалість відволожування зерна в бункерах. Науково-дослідні роботи й практичне застосування установки на борошномельних заводах показали, що оптимальна тривалість відволожування зерна пшениці близько 4 год. При цьому обсяги бункерів скорочуються в 4-5 разів, що дуже важливо при їхньому недоліку й при реконструкції млинів з метою підвищення продуктивності.

При застосуванні цієї системи зволоження витрата електроенергії знижується до 0,2 кВт/ч/л і збільшується загальний вихід борошна (близько 0,75%), істотно скорочуються будівельно-налагоджувальні роботи за рахунок зменшення обсягів бункерів для відлежування і простоти установки машини.

Подача зерна

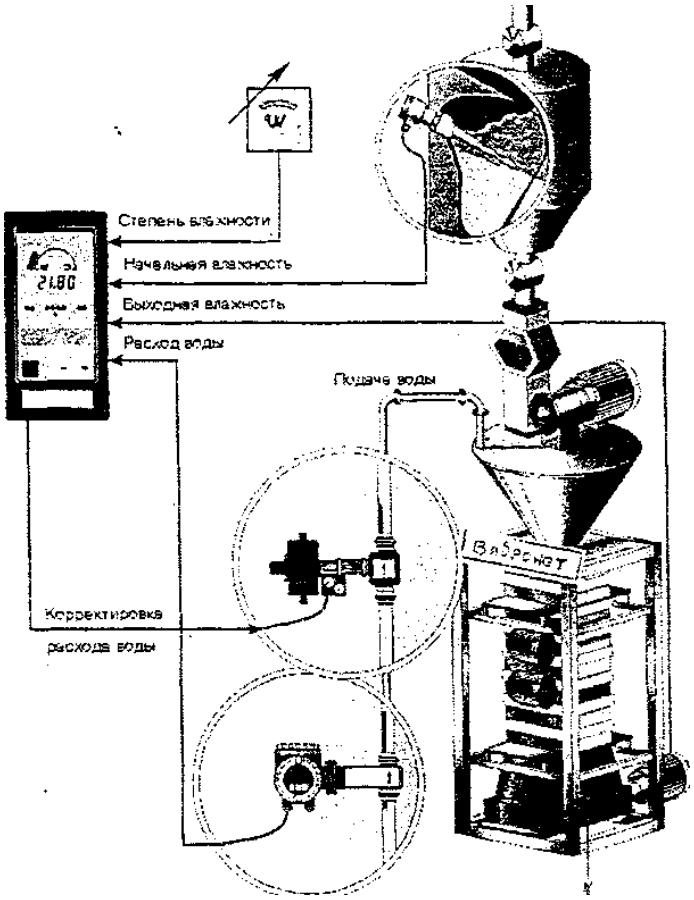


Рис. 4.25. Принципова схема автоматичного регулювання зволоження зерна в системі «Вибронет»

Таблиця 4.13

Технічна характеристика установки «Вибронет» тип 1

Продуктивність, т/год	2,5
Установлена потужність, кВт:	
змішувач	1,5
вібраційний мотор	0,26

розвантаження	0,37
Підключення води	1/2
Габарити, мм довжина ширина висота	 700 780 2240
Маса, включаючи шафу керування, кг	320

4.2.10. Машини для миття зерна

Миття передбачає звільнення з поверхні сировини залишків землі, піску, сторонніх важких і легких домішок (каміння, листя, гілок, соломи, і ін.). Для кожного виду сировини потрібні свій спосіб і режим миття.

Зволоження і миття зерна – це процеси підготовки зерна до помелу. При зволоженні в зерні відбуваються фізико-біологічні зміни, в результаті яких полегшується відділення оболонок від зерна при незначних втратах ендосперму; при митті очищується поверхня зерна, виділяються важкі і легкі домішки, щуплі зерна, вилучаються мікроорганізми.

Для зволоження і миття зерна на борошномельних заводах застосовують:

- машини, в яких зерно зволожується холодною або теплою водою з ціллю зміни при гідротермічній обробці його фізичних властивостей;

- машини для зволоження зерна паром перед лущенням або плющенням при переробці різних культур в крупу;

- машини, які відділяються домішки, відрізняються від зерна гідродинамічними властивостями.

Промисловість випускає два типи зволожувальних машин: водоструйні для додавання води в крапельному стані і водорозпилюючі для додавання води в розпилюю чому стані, а також комбіновані мийні машини з вертикальною віджимною колонкою.

Більш рівномірне змочування поверхні зерна досягається в машинах, в яких вода в зерно додається в розпиленому стані.

В комбінованих мийних машинах вода служить середовищем для виділення домішок, важковідокремлюваних при сухому способу очищення зерна. В основу гідросепарації покладена різниця швидкості падіння зерна і домішок у воді.

Доцільно подавати зерно у мийну ванну в зоні утворення вихідних потоків води, тобто проти направлення обертання шнеків.

Для миття використовують комбіновані мийні машини Ж9-БМА, Ж9-БМБ/КВД та інші, з вертикальною віджимною колонкою. Ці машини відділяють основну масу домішок, які відрізняються від зерна густиною і очищують поверхню зернівок від прилиплого бруду. Основними вузлами мийної машини (рис.4.26) є ванна *I* з двома парами шнеків *3*, *4* сплавна камера *II* та віджимна колонка *III* з циліндричним ситом *9* і бильним ротором *10*. Верхні шнеки 3 призначені для перемішування зерна з водою та транспортування його у сплавну камеру *II*, нижні *4* – для видалення з ванни осадженої мінеральної домішки. Сплавна камера *II* має лоток *8* для відведення з машини легких домішок і сопло *7* для гідродинамічної подачі зерна у віджимну колонку *III*.

Приймальний пристрій машини *1* встановлюють вздовж ванни в різних місцях, від цього залежить тривалість миття зерна в машині.

Мийна машина Ж9-БМБ (рис.4.27) призначена для очищення поверхні зерна від пилу, бруду, органічних та мінеральних домішок. Вона має в своєму складі сплавний пристрій *4* і віджимну колонку *2*. Насосну установку *11* з приводом і клапаном застосовують при недостатньому тиску води. Мийна ванна представляє собою зварну конструкцію з вмонтованими лотками, в яких розташовані зернові *15* і каменевідбірні шнеки *16*. Привід шнеків здійснюється від електродвигуна *7* через клино-пасову передачу і редуктор *12*. Ванна *6* забезпечена випускним патрубком *5*.

Сплавний пристрій *4* представляє собою ванну, яка складається із двох секцій: лотка для відділення легких домішок від повноцінного зерна і каналу для виходу води з піною із віджимної колонки. Сплавний пристрій відділено проміжною стінкою *17* від мийної ванни *6*. Віджимна колонка має дві чугунці станини, які скріплені між собою за допомогою чотирьох чавунних стійок.

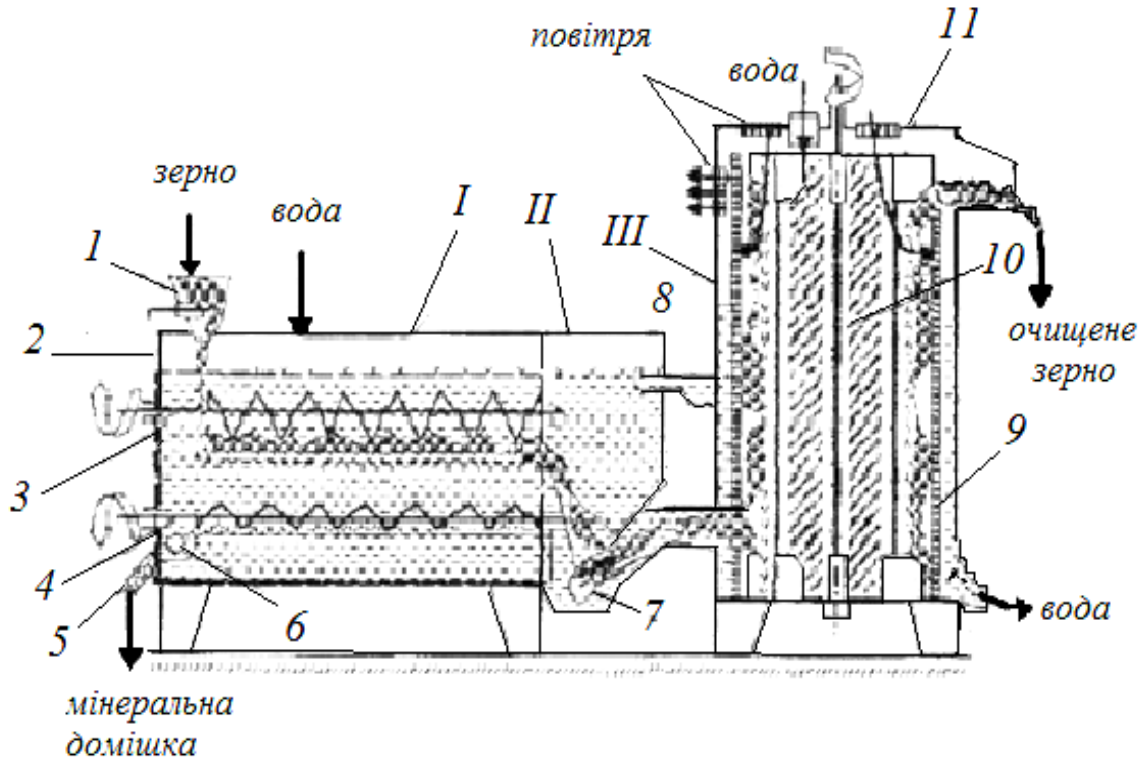


Рис. 4.26. Функціональна схема мийної машини:

I – мийна ванна; *II* – сплавна камера; *III* – віджимна колонка; *1* – приймальний пристрій; *2* – корито; *3,4* – шнеки; *5* – вивідний патрубок; *6, 7* – сопло; *8* – лоток для відведення легкої домішки: *9* – сито; *10* – ротор; *11* – кожух

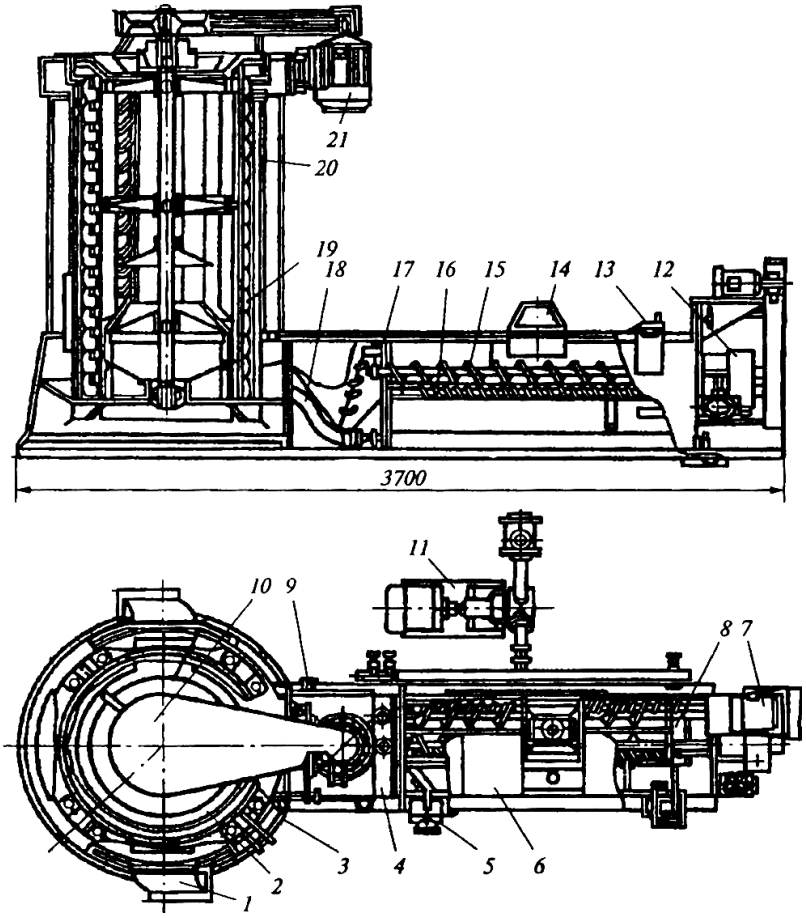


Рис. 4.27. Мийна машина Ж9-БМБ

Всередині машини вмонтовані бичевий барабан, який заключний в ситову обичайку *20*. Лопаті барабану розташовані по гвинтовій лінії. Привід барабану – від індивідуального електродвигуна *21* через клинопасову передачу, яка має захисне огородження *10*. Із колонки зерно виводиться через два випускних патрубка *1*.

Через приймальний пристрій *14* зерно подається у ванну з водою. Місце його установки визначають в процесі експлуатації (в залежності від забруднення зерна).

В процесі переміщення шнеками *15* зерна відбувається відділення у воді мінеральних домішок, які відрізняються від зерна щільністю. Вилучення мінеральних домішок відбувається в каменевідбірнику *13*. Напрям руху зерна і мінеральних домішок протилежний. Зерно, яке переміщується шнеками *15*, осідає у воронці труби *18* і потоком води, яка подається із зрошувача *3*, переміщується у віджимну колонку.

Піна, яка утворюється в колонці, гаситься піногасниками сплавного пристрою і частково виноситься водою в канал. Домішки із мийної ванни через воронку *8* і патрубок відводиться в збірник.

В віджимній колонці під дією центробіжної сили і вихрових потоків повітря вологе зерно прижимається до ситової обичайки і піднімається лопатками барабана *19* до випускних патрубків. Із віджимної колонки зерно поступає на подальшу обробку.

Віджимна колонка (рис. 4.28) складається з нижньої основи *5* і верхньої коробки *2*, з'єднаних чотирма стійками. Циліндричне сито зроблене з металевих штампованих сегментів *13* з довгастими отворами, розміщених між чашею і коробкою по всій поверхні циліндричної частини колонки. Розмір отворів 1,2×20 мм, велика вісь довгастих отворів розташована паралельно осі обертання ротора. Зовні колонка закрита металевим кожухом *12*. Усередині віджимної колонки знаходиться ротор, що складається з трьох закріплених на вертикальному валу *4* розеток *3*, зв'язаних між собою вертикальними кутниками *14*. Із зовнішньої сторони до кутників прикріплені під кутом до вертикалі лопатки *16*. З внутрішньої сторони до кутників *14* прикріплені вертикальні била *15*, які подібно колесу вентилятора при обертанні ротора засмоктують повітря всередину машини. Била в поперечному розрізі мають форму кривої (рис. 4.28, *а,* розріз А-А,) або прямокутну форму, як це показано в плані (рис. 4.28, *б*).

Ротор приводиться в рух від електродвигуна через клинопасову передачу, приводний вал *11* і конічний редуктор *10*. Під час обертання ротора лопатки *16* переміщають зерно з нижньої частини колонки у верхню. Повітря поступає через вікна *1* і *6* у верхній і нижній частинах віджимної колонки і віддаляється з неї через отвір *7*. Вода для ополіскування зерна і очищення сита подається в робочий простір колонки кільцевим колектором *8*.

Технологічний процес в машині відбувається так. Зерно з приймального пристрою *1* (рис. 4.26) самопливом подається у ванну з водою, опускається в шнеки *3*, витками шнеків інтенсивно перемішується з водою і подається у сплавну камеру. Подача води в мийну машину здійснюється через комунікації системи (на рис. 4.26 не показані), швидкість переміщення зерна шнеками в мийній ванні вибирають експериментально в залежності від виду зерна і ступеня

його забруднення в межах 0,25 – 0,3 м/с.

Під час руху зерна у ванні воно розшаровується за густиною, більш легкі домішки спливають на поверхню води, переміщаються до сплавного лотка *8* і виводяться з машини разом з частиною води. Важкі домішки (пісок, камені тощо) осідають на дно камери, звідки шнеками *4*, переміщаються в зворотному напрямку до коробки, з якої періодично вимиваються водою в каналізацію за допомогою сопла *6* через вивідний патрубок *5*. Камені та інші важкі частки, що зсідаються на дно коробки видаляють з неї вручну.

У сплавній камері зерно потрапляє в течію води, яка виходить під тиском із сопла *7*, підхоплюється нею і переміщається у приймальний патрубок віджимної колонку *III*.

Зерно разом з водою із нижньої частини віджимної колонки підіймається лопатками ротора по гвинтовій траєкторії вверх до вихідного отвору. В робочій зоні віджимної колонки воно піддається інтенсивній дії бил, тертю об поверхню сита, гідродинамічній дії води в результаті чого зернівки добре відмиваються від бруду і частково лущаться. У верхній частині колонки зерно обполіскується чистою водою, яка подається в робочий простір кільцевим колектором, *8*, і просушується повітрям, що поступає в машину через спеціальні отвори в кожусі (вентиляторний ефект ротора). За рахунок відцентрової сили, що діє на суміш зерна з водою, віджимається вода, проходить через сито і по стінках кожуха стікає вниз колонки.

Відпрацьовану воду випускають в каналізацію або направляють на очищення для повторного використання. Залежно від ступеня забруднення води її повертають у мийну машину повністю або частково.

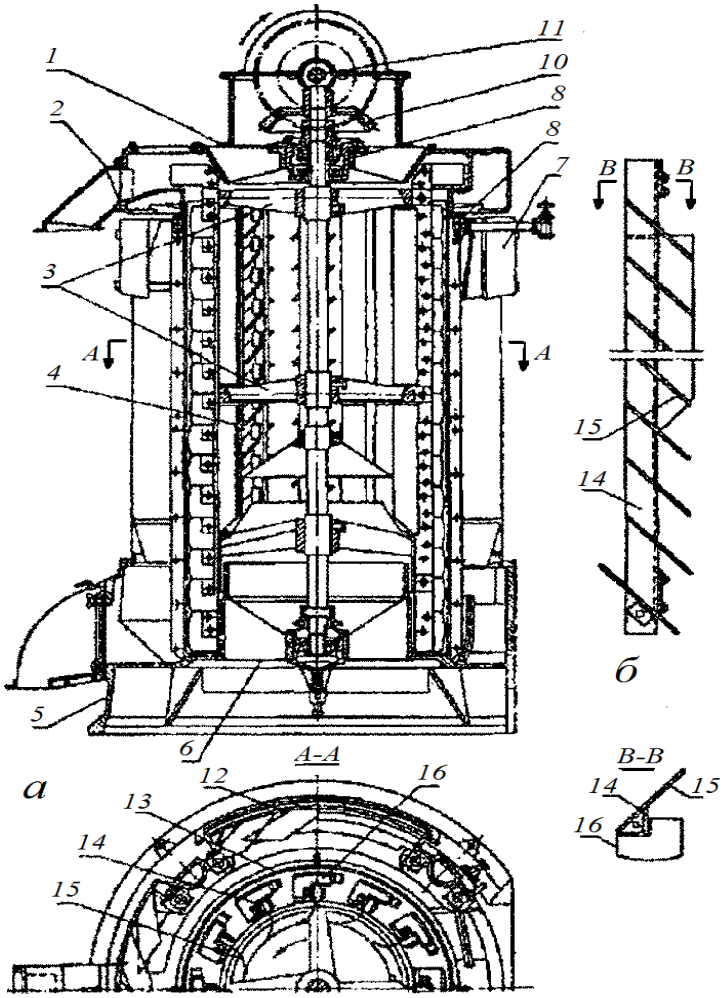


Рис. 4.28. Віджимна колонка:

1, 6 – вікна для впуску повітря; *2* – верхня коробка; *3* – розетки; *4* – вал; *5* – основа; *7* – вікно випускне; *8* – колектор; *9* – опора вала; *10* – приводний вал; *12* – кожух; *13* – секція сита; *14* – кутник; *15* – било; *16* – лопатки

Таблиця 4.14

Технічна характеристика мийної машини Ж9-БМБ

Продуктивність, т/год	12
Зернові шнеки: діаметр, мм	 150
шаг гвинта, мм частота обертання, хв$^{-1}$	150 310

Каменевідбірні шнеки: діаметр, мм шаг гвинта (перемінний), мм частота обертання, хв$^{-1}$	 44 60 і 25 123
Діаметр ситової обичайки, мм	900
Частота обертання бичкового барабану, хв$^{-1}$	400
Потужність електродвигуна, кВт: приводу шнеків віджимної колонки	 1,5 11,0
Витрати води, л/кг	0,86
Тиск води в транспортуючих форсунках, кПа	100
Зволоження зерна, %	2,2×2,5
Зниження зольності, %	0,024 – 0,039
Ефективність відбору домішок, %: органічних мінеральних	 75 – 100 70,8 – 75,0
Витрати повітря на аспірацію, м^3/год	600
Габаритні розміри, мм	3700×1600×2550
Маса, кг	2900

Мийні машини мають систему блокування, що забезпечує автоматичну зупинку машини при зупинці електродвигуна віджимної колонки, припиненні подачі води або зерна.

Використання традиційної мийної машини (рис. 4.26) для очищення насіннєвого матеріалу і зерна гречки, проса та інших культур в лініях виготовлення крупів, обмежене значним пошкодження зародка та підвищеним виходом битих зерен. Крім того, при обробці насіннєвого матеріалу після виходу з мийної машини його необхідно сушити, , що вимагає додаткового обладнання. Зазначених недоліків не має мийна машина (рис. 4.29) конструкції НВО “АГРО-СІМО-МАШБУД”. Вона відрізняється від

традиційної мийної машини конструкцією зернового шнека і робочих органів віджимної колонки. Вал *4* зернового шнека *3* виконаний порожнистим із форсунками *5*, які подають повітря в робочу зону *2* ванни. Це інтенсифікує процес розшарування зерна по густині і відмивання бруду з поверхні зернівок. На відміну від традиційних конструкцій у мийній машині (рис. 4.29) переміщення зерна у віджимній колонці здійснюється лопатами шнека *16* без ударів (в м'якому режимі), воно менше б'ється. Сито віджимної колонки *17* має форму зрізаного конуса з верхньою більшою основою, вертикальний вал гвинтового ротора *14* як і вал зернового шнека зроблено порожнистим з радіальними отворами у верхній частині, через які у віджимну колонку підводять гаряче повітря або інший агент сушіння від калорифера. Привід вертикального шнека здійснюється через клино-пасову передачу *22* від електродвигуна *2*. За рахунок відцентрових сил зерно притискається до ситової поверхні *17*, що сприяє очищенню поверхні зернівок і видаленню вологи проходом через сито. У верхній частині колонки відбувається підсушування зерна.

При використанні мийних машин експлуатаційні витрати в основному визначаються витратами води на миття зерна. В технологіях без повторного використання води ці витрати складають 1,5...2 т води на тонну зерна. Тому доцільно застосовувати установки для очищення відпрацьованої мийної води і повторному її використанню. На рисунку 4.30 показана схема такої установки конструкції "АГРО-СІМО- МАШБУД", яка включає басейн для відстоювання відпрацьованої води *1*, горизонтальний бак *3*, відцентровий насос *5* з електроприводом потужністю 13 кВт і частотою обертання 3000 об/хв., напірний бак *6*, гідрозамок *7*, фільтр та систему трубопроводів. Перед умиканням насоса вода попередньо заливається в горизонтальний бак 3 через патрубок-заглушку *4*. З бака *3* вода відкачується насосом *5* у вертикальний напірний бак *6*, з якого по трубопроводу в гідрозамок *7* і напірний колектор мийної машини.

Краном *9* регулюють величину подачі води в напірний колектор (при відкриванні крана *9* частина очищеної води зливається у басейн *1*). Під час роботи насоса в баку *3* виникає вакуум, відстояна вода з басейна *1* по трубі *2* засмоктуються в нього. При відключенні насоса

вода з напірного бака 6 через насос повертається в бак *3*, в ньому установлюється вихідний рівень до наступного циклу вмикання насоса і відкачування води з басейна в напірну систему установки. Установка працює в автоматичному режимі. Первинне очищення відпрацьованої води здійснюється тонкошаровим фільтром *8*, з якого очищена вода потрапляє в басейн. У залежності від тривалості відстоювання і ємності басейна з нього повертають в мийну машину 50...70 % очищеної води.

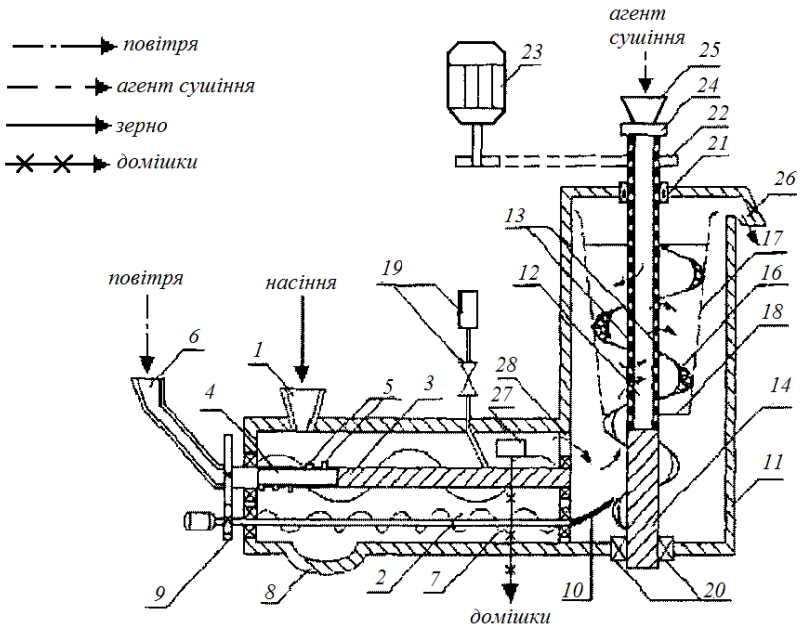


Рис. 4.29. Функціональна схема мийної машини з м’яким режимом миття:

1 – завантажувальний пристрій; *2* – ванна; *3* – зерновий шнек; *4* – порожнистий вал; *5* – штуцер; *6* – патрубок; *7* – шнек мінеральної домішки; *8* – відстійник; *9* – привід шнеків; *10* – козирок; *11* – кожух колонки; *12* – порожнистий перфорований вал; *13* – отвори; *14* – гвинтовий ротор; *16* – лопатки; *17* – сито; *18* – розтяжки; *19* – патрубок для подачі води; *20*, *21* – опори; *22* – клинопасова передача; *23* – двигун; *24*, *25* – з’єднувальний пристрій; *26* – зерновий патрубок; *27* – вікно для відділення води з легкою домішкою; *28* – вікно для зерна

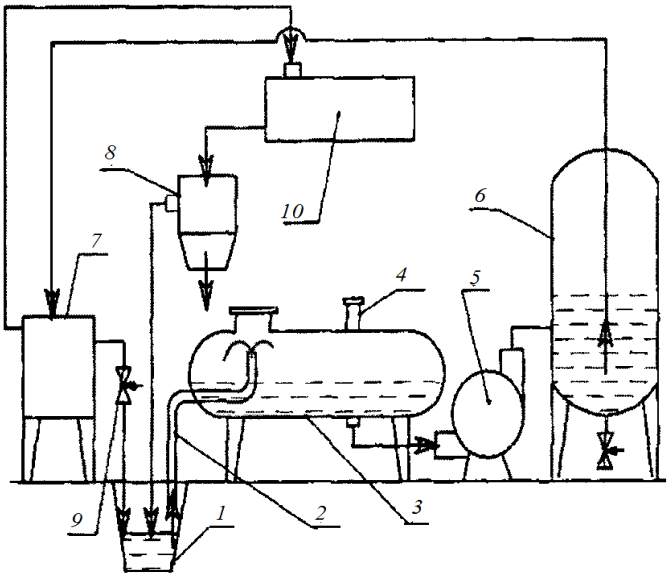


Рис. 4.30. Установка для рециркуляції води:

1 – басейн; *2* – труба; *3* – горизонтальний бак; *4* – патрубок з кришкою; *5* – насос; *6* – напірний бак; *7* – гідрозамок; *8* – фільтр; *9* – кран; *10* – мийна машина

4.2.12. Машини для мокрого лущення

Вологим способом поверхню зерна очищують в мийних машинах і машинах мокрого лущення. Найбільш ефективне очищення зерна в мийних машинах (Ж9-БМА і ін.). В них видаляється пил і бруд не тільки з поверхні зерна, але і із борідки, крім того, виділяються мінеральні і легкі домішки. Застосування мийної машини дає добрий технологічний ефект, але велика витрата питної води – до 2 л на 1 кг зерна і необхідність будівництва коштовних очисних споруджень значно обмежують їх використання при підготовці зерна. Менш ефективними і вимагають майже в 10 раз менше витрат води, являються машини мокрого лущення (А1-БМШ і ін.). У віджимних колонках мийних машин і машини мокрого лущення відбувається не тільки очищення поверхні зерна за рахунок тертя, але і часткове його лущення.

В технології виробництва сортового борошна етап зволоження і відволоження зерна являється одним із найбільш важливих. Вихід борошна високих сортів і загальний вихід борошна істотно залежить

від техніки і технології дозованої обробки зерна водою. Оскільки процес розмелу зерна і його проміжних продуктів побудований по принципу послідовного подрібнення, то його необхідно вести так, щоб частинки ендосперму дробились значно легше і мілко, чим оболонкові частини зерна – носії високо золистих його частин, що досягається в результаті обробки зерна водою з послідуючим відволожуванням.

Поєднання обробки зерна водою з лущенням дозволяє краще очистити поверхню зерна від бруду, пилу і мікроорганізмів.

На борошномельних заводах, оснащених комплектним обладнанням, застосовують два варіанта водної обробки зерна. Перший варіант передбачає етапи первинного зволоження приблизно на 1,5-2 % з одночасним лущенням поверхні зерна в машинах мокрого лущення А1-БМШ. При цьому знімається біля 0,1 % оболонок. Додатковому дозувальному зволоженню зерно при необхідності піддається в зволожувальному апараті А1-БУЗ капельно-рідкою розпиленою вологою. Тут зерно зволожують примірно на 1,5 % і направляють в відлежувальні закроми, де волога на протязі певного часу розподіляється між анатомічними частинами зерна. Проникаючи в капіляри і мікротріщини ендосперму, волога послаблює зв’язки між його частинками: ендосперм стає крихким, а оболонки – пластичними.

Схема обробки зерна на цьому етапі побудована таким чином, що дозволяє широко варіювати ступенем зволоження і часом відволожування в залежності від початкового зерна. Передбачена можливість вторинного зволоження зерна в апараті А1-БУЗ з послідуючим відволожуванням.

Стічні води і відходи після машини А1-БМШ обробляються в сепараторі А1-БСТ, де відбувається первинне відділення рідини. Пресують мокрі відходи в шнековому пресі Б6-БПО, а сушать їх в паровій сушарці У2-БСО.

В схемі передбачений обов’язковий етап до зволоження зерна з коротко часовим відлежуванням. Мета цієї технологічної операції – посилення різних фізико-механічних властивостей оболонок зерна перед подрібнюванням. У відповідності з цим ступінь зволоження і час відлежування вибирають таким чином, щоб волога проникла тільки в оболонку зерна. На цьому етапі прирощення вологості

складає 0,15…0,30 %, а час відлежування не перевищує 15 хвилин. Операцію до зволоження проводять в апараті А1-БАЗ, обладнаним пристроєм тонко дисперсного розпилення води.

Другий варіант передбачає зволоження в машинах інтенсивного зволоження типу А1-БШУ, де зерно обробляють з мінімальною витратою води при відсутності мийних відходів і стічних вод.

Машина А1-БМШ призначена для мокрого лущення зерна пшениці і жита при підготовці його до помелу. Машина призначена для установки в зерноочисних відділеннях млинів в складі комплектного обладнання. Зерно рівномірно подається в нижню частину машини через приймальний патрубок, одночасно в приймальний патрубок подається вода із водопровідної мережі. Зерно підхоплюється гонками і піднімається вверх, послідовно проходячи зону миття, зону віджиму і лущення і камеру відбросу продукту. Зерно в момент підйому, під дією центр обіжної сили відкидається до поверхні решітного циліндру.

Машина мокрого лущення призначена для миття зерна, віджиму і лущення його поверхні. Машина А1-БМШ (рис. 4.31) складається із наступних основних вузлів: корпусу, станини, ротора, ситового циліндра і приводу.

Корпус *22* – виготовлений із чавунного лиття. За допомогою трьох пустотілих стійок *20* він з'єднаний з чавунною поверхнею *8*. Корпус траверса і стійки утворюють станину машини, до якої кріпляться всі її функціональні вузли. Зверху траверси болтами прикріплена сталева кришка *6*, яка з траверсою утворює кільцевий канал для розвантаження зерна. На кришці розташовані верхній підшипниковий вузол *4* і кронштейн для кріплення електродвигуна. Зовні простір між корпусом і траверсою закрито кожухом *23*.

Основний робочий орган – бичевий ротор. Він складається із суцільного сталевого валу *24*, на якому закріплені п'ять чавунних розеток *25*. До розеток болтами кріпляться десять вертикальних сталевих пластин – бичів *11*. Внизу бичі з'єднані сталевим кільцем. На кожному бичі є *15* гонків *13*,*14*, які зігнуті у вигляді кутника. Гонки встановлені під кутом 40° до горизонту і служить для транспортування зерна знизу вверх, а також для відкидання його до ситового циліндра. Гонки чотирьох нижніх рядів виготовлені із

нержавіючої сталі, решта – із сталі Cm 45. Вверху на п’яти бичах прикріплені чавунні лопатки *5*, які направляють зерно у випускний патрубок. На нижніх гонках *14* встановлені регульовані пластини. На двох нижніх розетках всередині бичевого ротора є по п’ять гонків, за допомогою яких зерно, яке знаходиться в центрі машини, вертається в робочу зону. Нижня частина ротора на висоті 300 мм обертається в кільцевому каналі між станками внутрішнього *18* і зовнішнього *19* циліндрів. Це – мийна зона. Рівень води в ній змінюється установкою знімальних кришок: суцільної або перфорованої. Надлишок води зливається через верхній край внутрішнього циліндра *18* і через отвори в знімальній кришці. Вал ротора обертається в верхньому *4* і нижньому *17* підшипникових вузлах. Сферичний роликовий підшипник верхнього підшипникового вузла сприймає радіальні вісеві навантаження ротора. В нижньому підшипниковому вузлі встановлений сферичний шариковий підшипник, який сприймає тільки радіальні навантаження. Після зборки ротор обов’язково піддають динамічній балансирові.

Ситовий циліндр *10* складається із двох напівциліндрів, які з’єднані болтами за допомогою двох регулюючих планок. На поверхні циліндра вштамповані лускоподібні отвори розміром 1,1×10 мм. Ситовий циліндр встановлений відкритою частиною лускоподібних отворів по ходу обертання ротора. Між кожухом *23* і ситовим циліндром *10* утворений колоноподібний канал, через який видаляються відпрацьована вода і відходи. Для видалення оболонок призначений змивний пристрій, який складається із апарату керування *7* і роз’ємного пластмасового трубчатого кільця *9* з двома рядами отворів. Апарат керування складається із мембранного або електромагнітного приводу, фільтру і запірного вентиля. Керується змиваюча система за допомогою реле. Привод ротора здійснюється від асинхронного електродвигуна *1* через клинопасову передачу *2*. Електродвигун встановлений на поворотній плиті, яка шарнірно зв’язана з кронштейном кришки машини. Натягування ременів відбувається поворотом плити.

Технологічний процес мокрого лущення зерна здійснюється наступним чином. Зерно і вода одночасно подаються в приймальний патрубок. Зерно підхоплюється гонками і піднімається вверх,

послідовно проходячи зону мийки, віджиму і лущення. Після обробки лопатки верхньої частини ротору виводять очищене зерно в патрубок.

В процесі обробки зерно багатократно відкидається гонками і б'ється об внутрішню поверхню ситового циліндра. В результаті ударної дії і інтенсивного взаємного тертя зерен відбувається очищення їх поверхні від мінерального забруднення, надірваних оболонок, частинок зародку і борідки. З поверхні зерна видаляється надлишкова волога. Відходи проходять через лускоподібні отвори ситового циліндра і падають вниз, а частинки, які осіли на зовнішній поверхні сита і корпусу, періодично змиваються водою і відводяться разом з основною масою відходів через кільцевий канал між конусами *15* і *16*. Відпрацьована вода із мийної зони випускається через внутрішній конус *15*.

Ефективність роботи машини А1-БМШ, по даним дослідів, оцінюється зволоженням зерна на 1,6…2,0 %, кількість відходів 0,1, зольністю відходів 3,0, зниженням зольності зерна на 0,02…0,05 %. Технологічна ефективність істотно залежить від навантаження, частоти обертання ротора машини, зазору між гонками і ситовим циліндром, кутом нахилу гонків та інше.

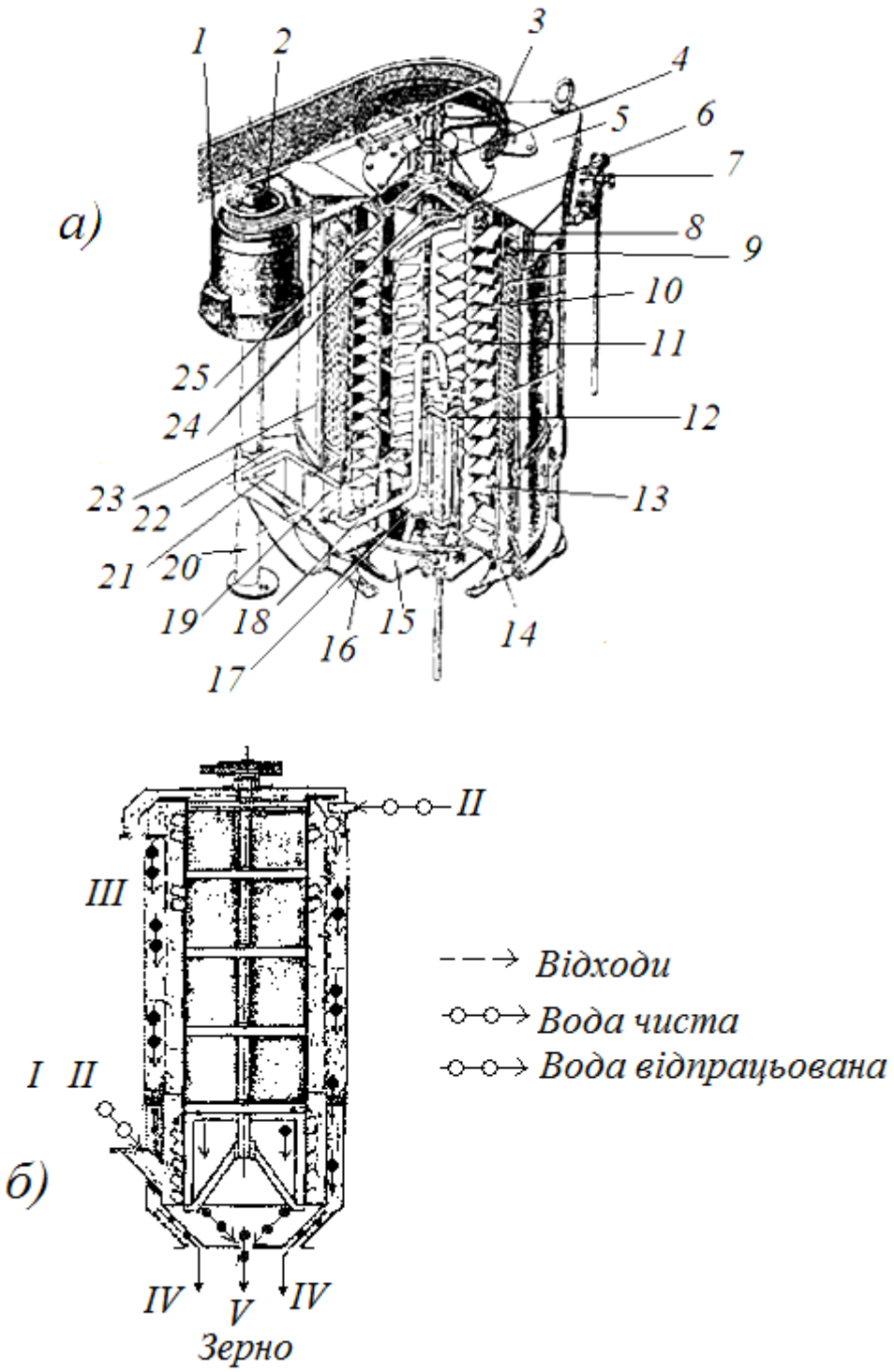


Рис. 4.31. Машина А1-БМШ для мокрого лущення:

Таблиця 4.15

Технічна характеристика машини А1-БМШ

Продуктивність (не менше), т/год	5,2
Витрати води, л/год: на миття на змивання лушпиння на зволоження (не більше), %	 1200 300 2
Зниження зольності зерна, %	0,03 – 0,04
Збільшення вмісту битих зерен (не більше), %	1,0
Частота обертання бичевого ротора, об./хв.	450
Розміри ситового циліндра, мм: діаметр висота	 800 900
Зазор між гонками і ситовим циліндром, мм	13 – 16
Потужність електродвигуна, кВт	11
Габарити, мм: довжина ширина висота	 1900 1300 2350
Маса, кг	1700

Контрольні запитання

1. Дати класифікацію машин і обладнання, яке застосовується для ведення механічних процесів.
2. Назвати, які застосовуються пневматичні сепаратори, для очищення зерна від домішок?
3. Дати визначення очищення та сепарування зерна?
4. За якими властивостями очищають зерно?
5. Приведіть характеристику роботи сепараторів для очищення зерна.
6. Як відбираються металомагнітні домішки на борошномельних, круп’яних та комбікормових заводах?
7. Які машини і апарати застосовують для очищення компонентів комбікормів?
8. Яке призначення мають ситові сепаратори?

9. Яке призначення вібраційного сепаратора А1-БСК і пнемосортувального столу ППС-2,5?
10. Для чого після сепараторів встановлюють каменевідбірні машини типу РЗ-БКТ?
11. Опишіть процес виділення із зерна мінеральних домішок на каменевідбірнику типу РЗ-БКТ?
12. Назвіть механізм регулювання випуску мінеральних домішок у каменевідбірній машині РЗ-БКТ-100.
13. Який вплив чинить правильне регулювання машини РЗ-БКТ-100 на ефективність очищення зерна?
14. Який каменевідбірник застосовується перед помелом на борошномельних підприємствах?
15. Які машини застосовують для сухої обробки поверхні зерна?
16. Назвати класифікацію машин за конструкцією робочих органів та за призначенням?
17. Якими відносними показниками оцінюють оббійні і щіткові машини?
18. Який принцип роботи машини РЗ-БГО-6 та щіткової машини типу БШМ?
19. Для чого призначений барабанний скальператор А1-БЗО?
20. Які процеси відбуваються у відволоженому зерні і на що вони впливають?
21. Які машини призначені для обробки зерна водою?
22. Для чого застосовуються зволожуючі машини і апарати в моделях млинів АВМ-2, Р6-АВМ-50, Харків'янка тощо?
23. Опишіть принцип роботи відволожувальної машини типу А1-БШУ.
24. Яка продуктивність зволожувальних машин типу БМК-3, БМК-3М?
25. Мета та призначення мокрого лущення зерна, що проводять вібраційною установкою «Вибронет» на борошномельних заводах сортового помелу?
26. Які переваги вібраційного способу лущення зерна в порівнянні із традиційним зволоженням.

РОЗДІЛ 5

МАШИНИ І АПАРАТИ ДЛЯ ГІДРОТЕХНІЧНОЇ ОБРОБКИ КРУПЯНИХ КУЛЬТУР

5. 1. Методи і класифікція апаратів гідротермічної і теплової обробки зерна

Гідротермічна обробка (ГТО), або кондиціювання зерна – одна із основних технологічних операцій, виробничих процесів на борошномельних і круп'яних заводах.

Сутністю ГТО є цілеспрямоване вирівнювання вологості і температури зерна для покращення його технологічних властивостей.

При цьому в борошняному виробництві режими ГТО повинні забезпечити руйнування міцності ендосперму і збільшення міцності оболонок.

Завдяки такій обробці покращуються борошномельні якості, тому що міцна оболонка відділяється від ендосперму повністю і вміст її частин в борошні – мінімальний.

В круп'яному виробництві гідротермічна обробка також потрібна для зміни властивостей оболонок і ядра. Однак, в цьому випадку намагаються збільшити міцність ядра і зменшити міцність оболонок (плівок). Це дозволяє не тільки покращити поживні властивості готової продукції, але й істотно знизити енергетичні витрати на лущення і шліфування зернової сировини.

Змінити вологість зерна можна різними способами: додаванням води в масу зерна, миттям зерна в спеціальних мийних машинах або обробкою його паром в спеціальних апаратах – пропарювачах. Зволожене зерно можна прогріти або провести наступні етапи технологічного процесу при звичайній температурі. На деяких етапах зерно можна оброблювати при збільшеному або зниженому тиску.

Конкретне поєднання цих параметрів процесу визначає метод гідротермічної обробки, а значення параметрів у даному методі – режим обробки.

Відомі три методи ГТО: холодне, гаряче і швидке кондиціювання.

Холодне, тобто без підігріву, кондиціювання містить в собі зволоження зерна, наступну витримку його (відволожування) в закромах.

При гарячому кондиціюванні зволожене зерно перед відволоженням піддають тепловій обробці в спеціальних апаратах – повітряно-водяних кондиціонерах. В теперішній час цей метод застосовують дуже рідко.

В процесі швидкого кондиціювання зерно оброблюють парою з наступним миттям в холодній воді. Завдяки такій дії властивості зерна змінюються більш інтенсивно, і тривалість відволожування може бути значно скорочена, тому даний спосіб і одержав назву швидкого кондиціювання.

В борошномельному виробництві застосовують метод гідротермічної обробки, який в основному залежить від продуктивності технологічної лінії – при високій продуктивності, як правило, застосовують швидке кондиціювання; в малотоннажному виробництві більш розповсюджене холодне кондиціювання.

В круп'яному виробництві ГТО залежить не тільки від продуктивності обладнання, але і від зерна і асортименту продукції, що виробляється.

Апарати для ГТО і теплової обробки класифікують:

- за видом оброблюваної сировини – на апарати для обробки зерна злакових, круп'яних культур і компонентів комбікормів;
- за призначенням – на підігрівачі, кондиціонери, пропарювачі і сушарки.

Підігрівачі в залежності від призначення діляться на апарати для підігріву зерна зі зниженою температурою і апарати для зміни структурно-механічних і біохімічних властивостей зерна.

Основна класифікаційна ознака кондиціонерів – вид використованого теплоносія. За цією ознакою розрізняють повітряні, водяні, повітряно-водяні і швидкісні кондиціонери. В швидкісних кондиціонерах в якості теплоносія використовують пар.

Пропарювачі ділять на апарати безперервної і періодичної дії.

Підігрівачі зерна призначені для збільшення температури сировини, яка поступає на переробку з мінусовою температурою. Необхідність проведення цієї технологічної операції пояснюється

збільшеною крихкістю оболонок зерна, які при його помелі розпадаються на малі частинки. Такі частинки в подальшому дуже складно виділити із борошна, і вони погіршують готову продукцію.

Підігрвач БПЗ – представляє собою вертикальну шахту, всередині якої розміщено труби. У нижній частині шахти знаходиться механізм для випуску нагрітого зерна (рис.5.1).

Зерно через два отвори в кришці поступає послідовно у верхню та нижню секції *2* і *3*, перетин овальними нагрівальними трубами. Всередину овальних труб концентрично вмонтовані циліндричні труби.

Пар під тиском поступає в парову камеру *19* колектора верхньої секції, звідки через перехідний патрубок в парову камеру *15* колектора нижньої секції. З парових камер пар по внутрішнім циліндричним трубам проходить по торцевій їх частині і повертається по овальних трубах, які із зовнішньої сторони торкаються до холодного зерна. Завдяки температурному перепаду, пар у цих трубах інтенсивно конденсується, віддаючи їм тепло, а вони, в свою чергу, – зерну. Утворюваний конденсат на виході з овальних труб збирається у конденсаційних камерах *14* і *16*, звідки через конденсатовідвідник *8* при відкритому положенні вентиля *9* виводиться назовні.

Зерно виходить з нижньої секції і збирається в бункері *4*, потім через воронки *5* видаляється за допомогою каретки *7*. Каретка приводиться у зворотно-поступальний рух електродвигуном *6* через редуктор і кривошипно-шатунний механізм.

В паровій камері *15* нижнього колектора поступово накопичується конденсат, який може створювати в нижніх нагрівальних трубках водяні пробки, внаслідок чого скорочується загальна поверхня їх нагріву. Видаляти конденсат з парової камери можна безперервно або періодично.

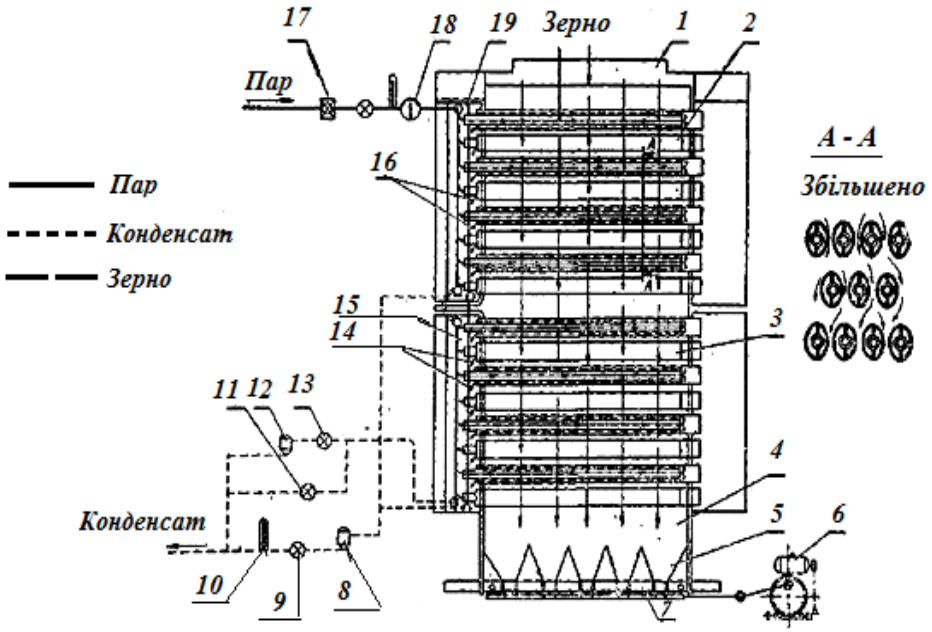


Рис. 5.1. Технологічна схема апарата для підігріву зерна БПЗ:

1 – отвори для подачі зерна; *2, 3* – верхня та нижня секції; *4* – бункер; *5* – воронки для випуску зерна; *6* – електродвигун; *7* – каретка; *8, 12* – конденсатовідвідники; *9, 11, 13* – вентелі; *10* – термометр; *14* – камера для відводу конденсату з нижньої секції; 15 – парова камера нижньої секції; 16 – камера для відводу конденсату з верхньої секції; 17 – редукційний клапан; 18 – манометр; 19 – парова камера верхньої секції

Для безперервного видалення відкривають вентиль *13*, через який конденсат потрапляє в конденсатовідвідник *12* і виводиться з підігрівача. Необхідно тільки забезпечити надійну роботу конденсатовідвідника.

При періодичному виводі конденсату вентиль *13* закритий. По мірі накопичення конденсата відкривають вентиль *11* і вся комунікація продувається паром.

Для нагляду за рівнем конденсату встановлено водомірне скло.

Контролюють температуру конденсату та пару по термометрам, а тиск пару на підвідній магістралі – по манометру *18*. Робочий тиск пари встановлюють редукційним клапаном *17*.

Потужність приводу підігрівача зерна БПЗ 1 кВт, габаритні розміри 1483×550×1890 мм, маса 1100 кг.

Кондиціонери, так само як і підігрівачі, призначенні для теплової обробки зерна. Разом з тим вони служать не тільки для підігріву зерна, але і для зміни (звично зменшення) його вологості, а при необхідності і температури. Швидкісне кондиціювання здійснюється в парових кондиціонерах. Такі кондиціонери являють собою два практично самостійних апарати: апарат швидкісного кондиціонування типу АСК і вологознімач типу В.

Апарат швидкісного кондиціонування типу АСК-5 відноситься до апаратів безперервної дії, шнекового типу, з автоматичною системою регулювання температури нагріву зерна і автоматичної системи захисту від перевантажень. Виконаний у виді двох транспортерів, з'єднаних послідовно і розташованих один під другим (рис. 5.2)

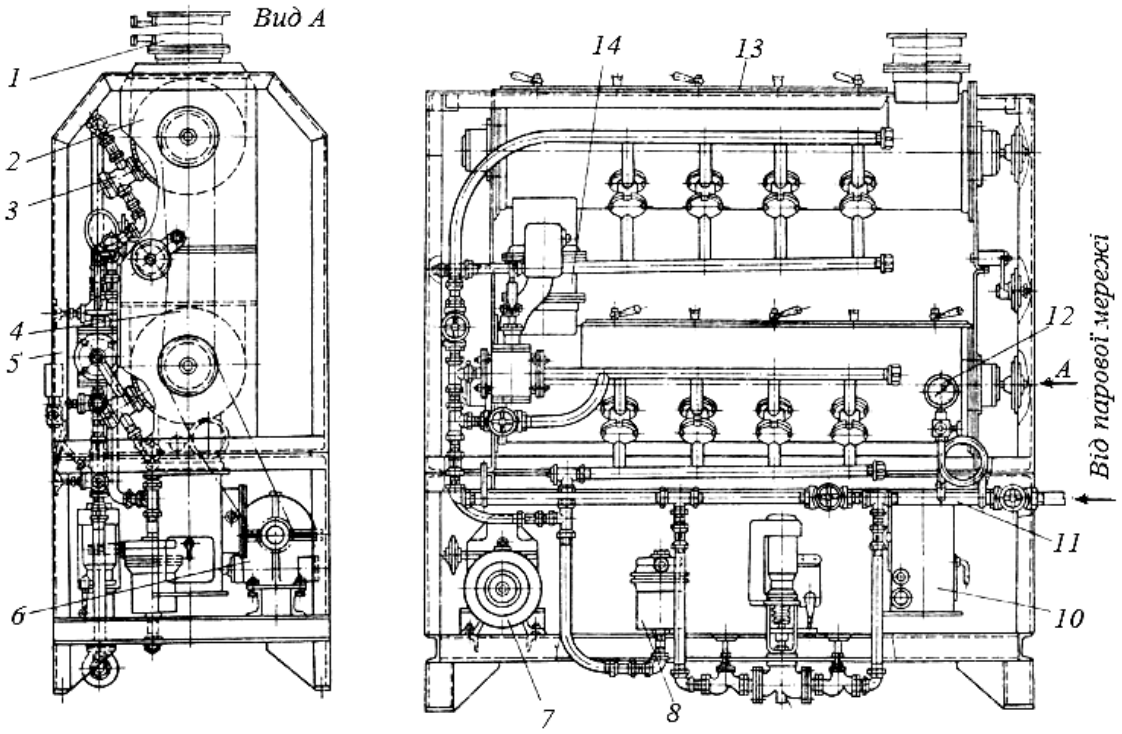


Рис. 5.2. Апарат швидкісного кондиціонування АСК-5:

1 – приймальний патрубок; *2* – нагрівальний шнек; 3 – форсунка; *4* – контрольний шнек; *5* – станина; *6* – редуктор; *7* – електродвигун; *8* – конденсатор; *9* – вентиль з електромагнітним приводом; *10* – вихідний патрубок; *11* – система трубопроводу; *12* – манометр; *13* – кришка; *14* - патрубок

Верхній нагрівальний шнек *2* апарата представляє собою кожух зі вмонтованим всередині валом, на якому розташована шнекова живильна частина і лопатевий шнек з обертальними лопатками. Зверху кожуха передбачена кришка *13* для відступу до валу і розвантаження у випадку завалів. В нижній частині кожуха встановлені парові форсунки *3*. Біля задньої стінки вмонтований пристрій для захисту апарату від перевантаження, а над живильником розташований приймальний патрубок *1*, в якому знаходиться елемент пристрою для автоматичного включення подачі пари і його виключення при припиненні подачі зерна, який з'єднаний патрубком *14*, шо має аналогічну будову.

В з'єднаному патрубку *14* встановлені датчики температури. Під контрольним шнеком знаходиться вихідний патрубок *10*, в якому також встановлені датчики. Шнеки приводяться в обертання від електродвигуна *7* через черв'ячний редуктор *6* і ланцюгову передачу.

Система подачі пари з'єднує форсунки з паровою магістраллю. В ній крім ручних вентилів і контрольного манометру передбачені вентиль з електромагнітним приводом і регулюючий клапан, які керовані автоматичним регулятором температури. На пульті керування і сигналізації вмонтовані апарати пуску, регулювання, вторинні пристрої контролю і сигналізації.

Апарат АСК-10 працює наступним чином. Зерно, яке направляється на обробку, поступає в приймальний патрубок нагріваючого шнеку. При цьому воно тисне на заслінку *1*, відхиляє її і далі через важільно-кулачковий механізм переключає контакти кінцевого перемикача *2*, встановленого в приймальному патрубку, який підготовлює ланцюг живлення головного електромагнітного парового вентиля *19* (рис. 5.3).

У вихідному патрубку зерно затискається датчиками *15* і *16* термометрів і датчиком *21* регулятора температури, відхиляє заслінку *20*, яка через важільно-кулачковий механізм переключає контакти кінцевого вимикача *14*. Він вмикає головний електромагніт соленоїдного вентиля, в результаті чого пар через розпилюючі форсунки подається в шнеки. З цього моменту починається обробка паром зерна, яке проходить по шнекам.

Обробляється зерно у такій послідовності. Зерно з вихідною вологістю 14%, поступаючи в нагріваючий *3*, а потім через патрубок *11* в контрольний *12* шнеки, перемішується лопатками, нагрівається до температури 45..55°С і зволожується паром, який подається із форсунки *10*.

У випадку припинення подачі зерна в апарат заслінка *1* приймального патрубка повертається в вихідне положення, перемикаючи контакти кінцевого вимикача *2*. При цьому закривається клапан електромагнітного вентиля і автоматично припиняється подача пару в шнеки. Якщо подача зерна припиняється короткочасно (на 25...30с) і шнеки не встигають повністю звільнитися, пар поступає в шнеки зразу з поновленням подачі зерна в приймальний патрубок. Якщо ж шнеки звільняються від зерна, то пар включають лише після наповнення шнеків.

В середині шнеків встановлені клапани датчиків *4* і *13*, які призначені для аварійної зупинки апарата при завалі шнеків.

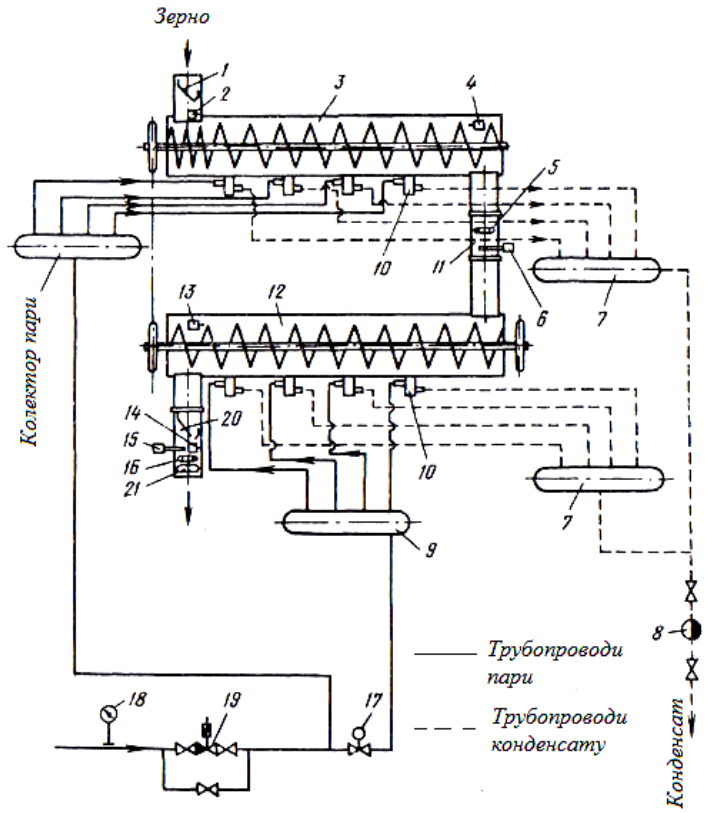


Рис. 5.3. Технологічна схема апарату АСК-10:

1, 20 – заслінка; *2,4,13,14* – кінцеві вимикачі; *3* – нагрівальний шнек; *5,16* – датчики манометричних електроконтактних термометрів; *6,15* – датчики термометрів опору; *7* – колектор конденсата; *8* – конденсаторовідвідник; *9* – колектор пари;*10* – форсунка; *11* – контрольний патрубок; *12* – контрольний шнек; *17* – автоматичний регулятор температури; *18* – манометр; *19* – вентиль з електромагнітним приводом; *21* – датчик регулятора температури

При завалі одного із шнеків підвісний клапан датчика, встановлений в ньому, під тиском зерна відхиляється від вертикального положення і важільно-кулачковий механізм перемикає контакти свого вимикача, при цьому розриваючи ланцюг живлення котушок магнітного пускача. Апарат зупиняється і подача пара в шнеки припиняється.

Температуру, яка виходить із контрольного шнека *12* зерна підтримують автоматичним регулятором *16*, змінюючи кількість пари, що подається в контрольний шнек.

При відхиленні температури зерна від становлених границь, при зупиненні подачі зерна і зупинці електродвигуна включається світова і звукова сигналізація.

Тиск пари, яка підводиться в апарат, контролюють по манометру *18*. Для досягнення максимальної ефективності роботи апарату повинна бути забезпечена безперервна і рівномірна подача зерна при стабільному тиску пари.

За принципом роботи та улаштуванням кондиціонери АСК-5 і АСК-10 практично не відрізняються один від одного, а незначні конструктивні особливості АСК-10 в основному пов’язані з його більш високою продуктивністю (табл. 5.1)

Таблиця 5.1

Основні технічні дані апаратів типу АСК

Показник	АСК-5	АСК-10
Продуктивність, т/год	5	10
Діаметр шнеку, м	0,34	0,42
Частота обертання шнеку, $хв^{-1}$	12,7; 17,8; 27,4	18,0; 25,0
Число форсунок	8	16

Витрата пара, кг/год	185…275	250…355
Тиск пара, МПа	0,4…0,5	0,4…0,5
Температура зерна, °С – початкова – на виході із апарату	 15…25 45…65	 15…25 45…65
Початкова вологість зерна, %	14...15	14...15
Збільшення вологості зерна після обробки в апараті, не більше, %	2,0	2,0
Потужність електродвигуна, кВт	1,5	1,5
Габаритні розміри, мм - довжина - ширина - висота	 2800 1080 2390	 2000 950 2225
Маса, кг	1100	950

Вологознімачі типу В застосовують для зниження вологості зерна після його обробки в апаратах швидкісного кондиціювання типу АСК і мийній машині.

Вологознімач В-5 відноситься до апаратів безперервної дії шахтного типу з автоматичним блокуванням прийому і випуску зерна. Він складається із сушарних секцій, приймального і випускного пристроїв, станини, калориферів, паропроводів, повітряного колектора і вентилятора.

В сушарних секціях встановлені в шахматному порядку розсікачі, відкриті в нижній частині і виконуючі функції повітряних каналів. Нижні ряди розсікачів через ряд сполучаються з колектором для підводу нагрітого повітря, а верхні ряди – з колектором для відводу повітря в шахти. Таке розташування розсікачів дозволяє збільшити контакт зерна з нагрітим повітрям, так як повітря при переміщенні знизу вгору ніби пронизує шар оброблюваного продукта. Всередині приймального пристрою встановлений клапан *2* (рис. 5.4), який зв’язаний важільно-кулачковим механізмом з кінцевим вимикачем *3*. Випускний пристрій виконаний у вигляді рами *8*, яка всередині

розділена скатами на п’ять звужених смуг (порожнини). Нижче рами встановлені насадка *9*, підніманням і опусканням якої регулюють кількість випущенного з шахти зерна, і каретка *10*, яка одержує обертально-поступальний рух від електродвигуна 6, через черв’ячний редуктор *5* і корбово-шатунний механізм.

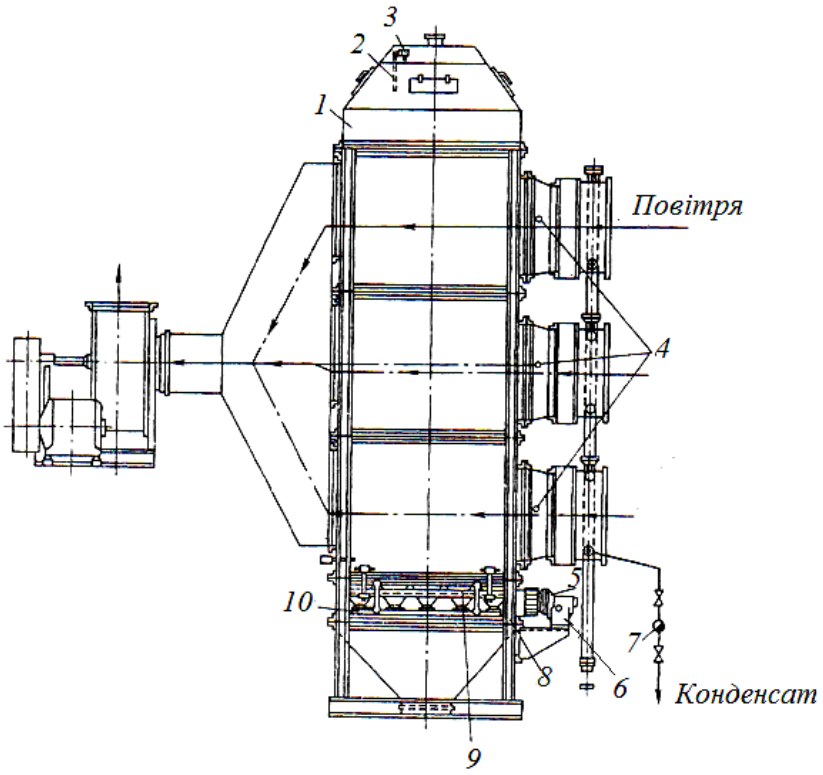


Рис. 5.4. Вологознімач В-5:

1 – корпус приймального пристрою; *2* – клапан; *3* – кінцевий вимикач; *4* – термометри опору; *5* – черв’ячний редуктор; *6* – електродвигун; *7* – конденсатовідвідник; *8* – рама; *9* – насадка; *10* – каретка

Система автоматичного блокування приймання й випускання зерна забезпечує постійне заповнення зерном шахти вологознімача. Принцип роботи системи заключається в тому, що при зниженні рівня зерна в приймальній частині щиток клапану *2* звільняється від тиску зерна і займає вертикальне положення. При цьому важільно-кулачковий механізм переключає контакти вимикача *3*, в результаті чого зупиняється електродвигун випускного пристрою і зупиняється випуск зерна. При збільшенні рівня зерна тиск на щиток збільшується,

він відхиляється від вертикального положення і включає електродвигун випускного пристрою.

Технологічний процес в апараті В-5 здійснюється наступним чином. Зерно через приймальний пристрій надходить в шахту вологознімача і по мірі просування в ньому продувається гарячим повітрям, яке понижує його вологість. Коли зерно потрапляє на рухому каретку випускного пристрою, воно порціями відкидається в бункері виводиться із вологознімача.

Повітря, яке проходить крізь калорифери, нагрівається і подається в шахту вологознімача. Переміщуючись крізь шар зерна, він сприяє випаровуванню вологи із зерна, яка виділяється, після чого по колектору через вентилятор і циклони викидається в атмосферу. Температура повітря, яке поступає в апарат, і температура зерна, що виходить, контролюється електронним зрівноваженим мостом і термометрами опору *4*. Пар, який поступає в калорифери крізь стінки, віддає тепло повітрю, конденсується і через конденсатовивідник *7* відводиться в збірну магістраль.

Нижні сушарні секції при необхідності можна використовувати для охолодження зерна, для цього колорифери цих секцій відключають. Для нормальної роботи вологознімача шахта повинна бути постійно заповнена зерном, а подача зерна – безперервною і рівномірною.

Будова і технологічний процес вологознімачів В-5 та В-10 однакові, а незначні відмінності в технічній характеристиці пояснюється різною продуктивністю (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Основні технічні дані вологознімачів типу В

Показник	В-5	В-10
Продуктивність, т/год	5	10
Поперечний переріз робочої частини шахти, $м^2$	2,25	2,25
Витрати пари, кг/год	380..560	650..750
Тиск пари, МПа	0,3…0,5	0,3…0,5
Початкова вологість зерна, %	16…17	16…17
Зниження вологості зерна після обробки в	2,0	2,0

апараті, %		
Потужність електродвигуна, кВт: – вентилятора – каретки	 22,0 0,6	 22,0 0,6
Габаритні розміри, мм: – довжина – ширина – висота	 2260 2000 5450	 2500 2000 6600
Маса, кг	3500	5000

Машини та обладнання для гідротермічної обробки зерна на млинах.

Обладнання для холодного кондиціювання. На сучасних вальцьових млинах переважно застосовують холодне поетапне кондиціювання зерна, яке охоплює операції зволоження зерна водою з наступним тривалим (12...24 год) відволоженням за температури 15...24°С (перший етап) і додаткового зволоження з короткочасним відволоженням(45...60 хв) перед розмелюванням зерна – заключний етап.

Комплект обладнання для холодного кондиціювання зерна на млинах сільськогосподарського призначення (рис. 5.5) складається із шнекового зволожувача *2*, системи постачання води і декількох бункерів відволожування зерна *6*. У нижній частині бункерів відволоження встановлені вивантажувальні зернові шнеки. Подача води до гвинтового зволожувача здійснюється за рахунок гідростатичного тиску як показано на схемі (рис. 5.5) або під тиском водопровідної мережі.

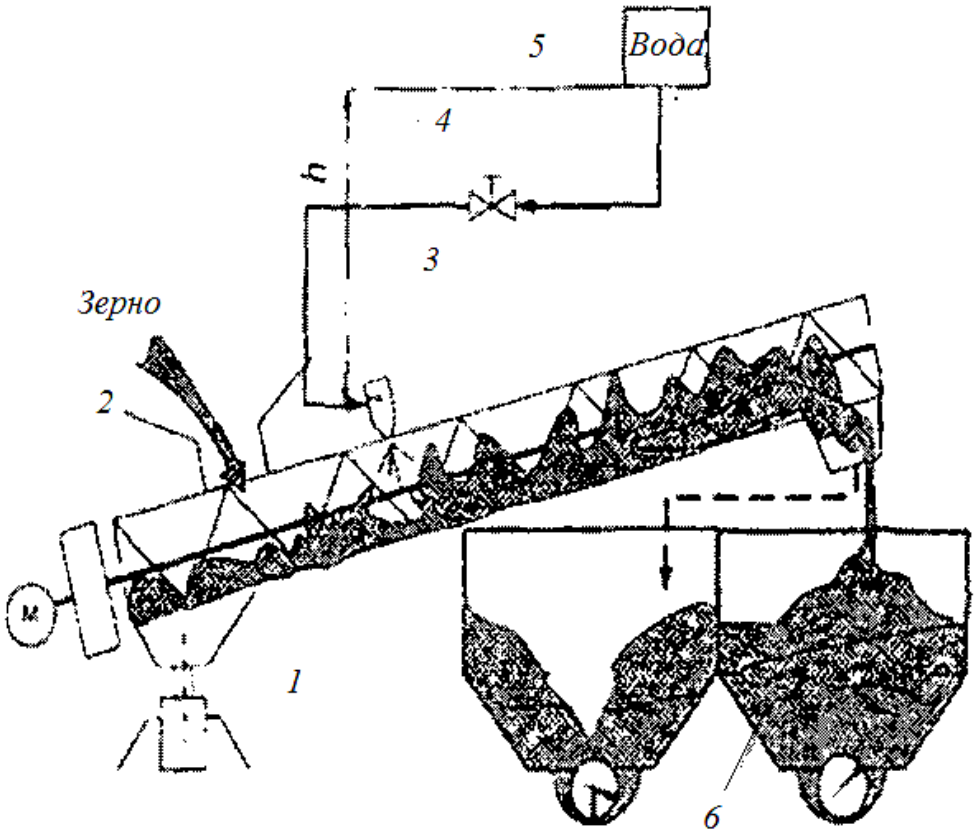


Рис. 5.5. Функціональна схема холодного кондиціювання зерна:

1 – поворотна п’ята; *2* – гвинтовий змішувач; *3* – форсунка; *4* – дозатор; *5* – бак; *6* – бункери відлежування

Робочий процес ГТО наступний. Попередньо очищене зерно безперервно подається у гвинтовий зволожувач *2*, де зволожується крапельним способом водою, яка надходить у гвинт через форсунку *3* із бака *5*. Витрати води регулюють краном *4* в залежності від початкової вологості зерна. Витками гвинта зерно транспортується в один із бункерів відволоження *6*, перемішується під час транспортування; від механічної взаємодії зернівок з краплями води, останні подрібнюються, при цьому рівномірно зволожують оболонки зернівок. У бункерах відволоження відбувається диференційоване розподілення вологи між оболонкою і ендоспермом зернівки, волога проникає всередину ядра. В ядрі утворюються мікротріщини, воно стає більш крихким, послаблюються зв’язки між ендоспермом і

оболонками, структура оболонок стає пластично-в'язкою. Все це в сукупності полегшує відділення оболонок від ядра крупними часточками і їх відсіювання від готових продуктів, зменшує енергомісткість процесу подрібнення зерна вальцьовими подрібнювачами.

Відволожене зерно із бункерів *6* вивантажують гвинтами для подальшої обробки.

Зволожувачі А1-БУЗ і А1-БАЗ застосовуються на млинах середньої і великої потужності, мають ідентичні принцип дії і будову. Система подачі води обладнана пристроєм контролю витрат води, фільтром для очищення води, вентилями і клапанами для регулювання витрат води. Передбачено також автоматичний блокувальний пристрій, що відключає воду у гвинтовий зволожувач під час припинення подачі зерна. В машині А1-БУЗ розпилювання води у форсунці відбувається під тиском водопровідної мережі, а в апараті А1-БАЗ – за допомогою компресора, який подає стиснуте повітря у форсунку гвинта.

Зволожувальний апарат А1-БАЗ (рис. 5.6) працює так. У приймальному пристрої *13* зволожувача зерно відхиляє поворотну заслінку, що замикає контакти мікровимикача, приводиться в дію електромагнітний вентиль 6, який відкриває подачу води. Вода очищається у керамічному фільтрі *5* і через регулювальний голчастий вентиль надходить через форсунки на гвинт *1*.

Розпилення води здійснюється стиснутим повітрям, яке компресор *14* нагнітає в форсунку, контролюють витрату води за допомогою ротаметра *9*. При припиненні надходження зерна у приймальний пристрій зволожувача, заслінка пристрою повертається в початкове положення, розривається електричний ланцюг електромагнітного вентиля *6*, перекривається подача води. Зволожене зерно гвинтом *1* транспортується в бункер відволожування.

Технічна характеристика зволожувачів зерна наведена в таблиці 5.3.

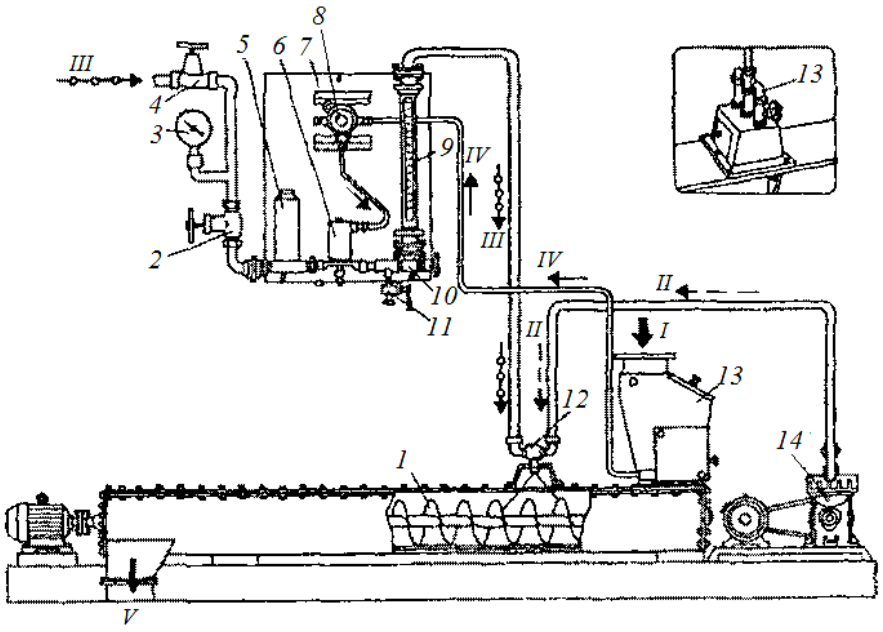


Рис. 5.6. Технологічна схема зволожувача А1-БАЗ:

1 – гвинт; *2* – вентиль; *3* – манометр; *4* – редукційний клапан; *5* – фільтр; *6* – електро-магнітний вентиль; *7* – панель; *8* – розподільна коробка; *9* – ротаметр; 10 – регулю-ючий вентиль; *11* – спускний вентиль; *12* – форсунка А1-БАЗ; *13* – індикатор наявності зерна; *14* – компресор; *15* – форсунка А1-БУЗ; *I* – вхідне зерно; *II* – повітря; *III* – вода; *IV* – електричний струм; *V* – очищене зерно

Таблиця 5.3

Технічна характеристика зволожувачів зерна

Показники	Марка			
	А1-БШУ-1	А1-БШУ-2	А1-БУЗ	А1-БАЗ
Продуктивність, т/год	12	6	6	12
Витрати води, л/год	150	360	300	50
Споживана потужність, кВт	4	7,5	0,04	0,4
Збільшення вологості зерна, %	1,0	4...5	4,0	0,1...1,4
Маса, кг	309	381	29	60

5.2. Апарати для пропарювання зерна

Пропарювач конструкції Неруша застосовують для пропарювання зерна головним чином круп'яних культур, хоча можливо його застосування для обробки сировини при виробництві комбікормів. В таблиці 5.4 приведена його технічна характеристика.

Над завантажувальним затвором пропарювача встановлюють бункер для зерна. Його ємність повинна дозволяти безперервну роботу заводу або цеху при продуктивності більше 100 т/добу на протязі 45 хв, а при продуктивності менше 100 т/добу – на протязі 60 хв.

Для надійної роботи установки рекомендується завантажувати однорідне за вологістю зерно і після відповідного очищення від домішок. Різниця по вологості зерна в різних партіях не повинна перевищувати 1,5 – 2,0%.

Таблиця 5.4

Технічна характеристика пропарювача конструкції Неруша

Показник	Значення
Тривалість циклу пропарювача, хв	7 – 10
Продуктивність за цикл, кг	660
Продуктивність в залежності від тривалості циклу, кг/год	5676-3960
Об’єм пропарювача, л	1100
Діаметр корпусу, мм	1000
Максимальний тиск пари, МПа	0,5
Витрати пари, кг/год	396 – 568
Габарити, мм	1450×1250×3050
Маса, кг	1670

Пропарювач Неруша – апарат періодичної дії (рис. 5.7). При закритих кранах подачі і відводу пари і закритому розвантажувальному пристрої відкривається завантажувальний пристрій *1*. При цьому апарат заповнюється очищеним зерном в кількості до 660 кг. Після цього завантажувальний пристрій *1* за допомогою важелів механічного пульту управління щільно закривається. Відкривається вентиль *9* подачі пари, який поступає в труби змійовика *6* і по отворах в цих трубах проходить в зернову масу, знаходиться в пропарювачі, прогріває і одночасно її зволожує.

Після закінчення заданого строку пропарювання, який визначають раніше і встановлюють на приборах пульту управління, відкривається вентиль *8* для випуску пари, який відводиться по трубі *5*. Після виходу пари відкривається розвантажувальний пристрій *1*. Цикл повторюється. Управління роботою проварювача – автоматичне. В залежності від необхідного режиму пропарювання на пульті управління встановлюють задану тривалість циклу по кожній операції окремо. Апарат управління передбачає можливість встановлення тривалості в 3 – 4 – 5 – 6 хв. Час, який потрібний на завантаження і розвантаження зерна, впуск і випуск пари – 4хв. Враховуючи час пропарювання, тривалість кожного циклу може складати 7 – 8 – 10 хв.

Перед включенням пропарювача в роботу після тривалої зупинки необхідно до його заповнення зерном перевіряти, чи все оброблене раніше зерно вивантажене, продуть паром паропровід і змійовик, відрегулювати редукційний клапан на заданий тиск.

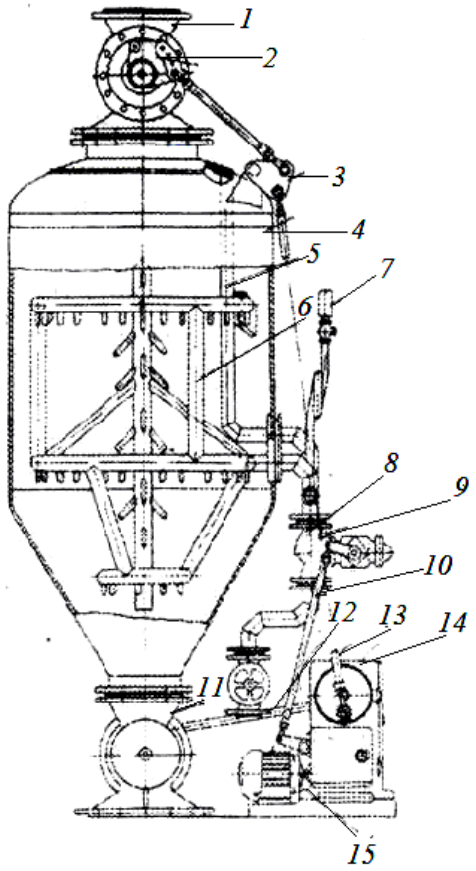


Рис. 5.7. Пропарювач конструкції Неруша:

1 – завантажувальний пристрій; *2* – храповий механізм; *3* – система важелів; *4* – пропарювальна камера; *5* – труба для скидання тиску; *6* – змійовик; *7* – манометр; *8* – вентиль для скидання тиску; *9* – вентиль для подання пари; *10* – тяга вентилів; *11* – розвантажувальний затвор; *12* – тяга для розвантажувального пристрою; *14* – механізм для автоматичного керування; *15* – електродвигун

Розрахунок пропарювачів періодичної дії

Продуктивність апарата періодичної дії Q, кг/год, визначають за формулою:

$$Q = \frac{60 \cdot V \cdot \rho \cdot \varphi}{\tau_{\text{ц}}}, \qquad (5.1)$$

де V – об'єм робочої камери, м^3;

ρ – густина зерна, кг/м^3; (ρ = 0,8 – коефіцієнт використання об'єму робочої камери;

$\tau_{\text{ц}}$ = 2...10 – тривалість циклу пропарювання зерна, хв

При визначенні об'єму робочої камери задаються конструктивно співвідношеннями: D/H_1 = 0,8; H_1/H_2 =1,30 ...1,45.

Витрати пари, кг:

$$G = q \cdot Q, \qquad (5.2)$$

де q = 0,25...0,30 – питомі витрати пари, кг·год/кг.

Горизонтальні пропарювачі. Для пропарювання вівса і гороху на крупозаводах і комбікормових заводах можуть застосовуватись горизонтальні пропарювачі.

В таблиці 5.5 приведена їх технічна характеристика в залежності від частоти обертання шнека пропарювача.

Таблиця 5.5

Технічна характеристика горизонтальних пропарювачів

Найменування показника	Значення	
Частота обертання шнеку, об/хв	35	45
Продуктивність, кг/год при обробці вівса	650 – 800	850 – 900
Продуктивність, кг/год при обробці гороху	850 – 950	1150 – 1250
Тривалість обробки, хв	1,0	0,7
Зволоження зерна, %	6 – 8	4 – 8

Витрати пари, кг/год	40 – 50	40 – 50
Тиск пари, МПа	0,11 – 0,14	0,11 – 0,14
Потужність, кВт	0,8	0,12

Горизонтальний пропарювач(рис. 5.8) представляє собою сталевий циліндр *4* довжиною 1300 мм і діаметром 300 мм. Всередені його встановлений шнек *5*, у якого діаметр спіралі 270 мм і шаг 50 мм.

Між витками закріплені металеві планки *6*, які збільшують міцність спіралі і підвищують інтенсивність перемішування зерна впроцесі його обробки. Пропарювач заватажують зерном за допомогою живильника *2* з барабаном *8*, який одночасно являється герметичним пристроєм пропарювача. Аналогічний барабан *9* встановлюють на вихідному патрубку. Лопатеві барабани приводяться в рух ланцюговими передачами *1* і *7* від валу шнеку. Однакова частота обертання шнека і лопатевих барабанів (35 або 45 об/хв) забезпечує один і той же рівень зерна в циліндрі пропарювача, а також рівномірне надходження і вихід продукту. Зерно, що накопичується перед пристроєм також сприяє герметизації пропарювача.

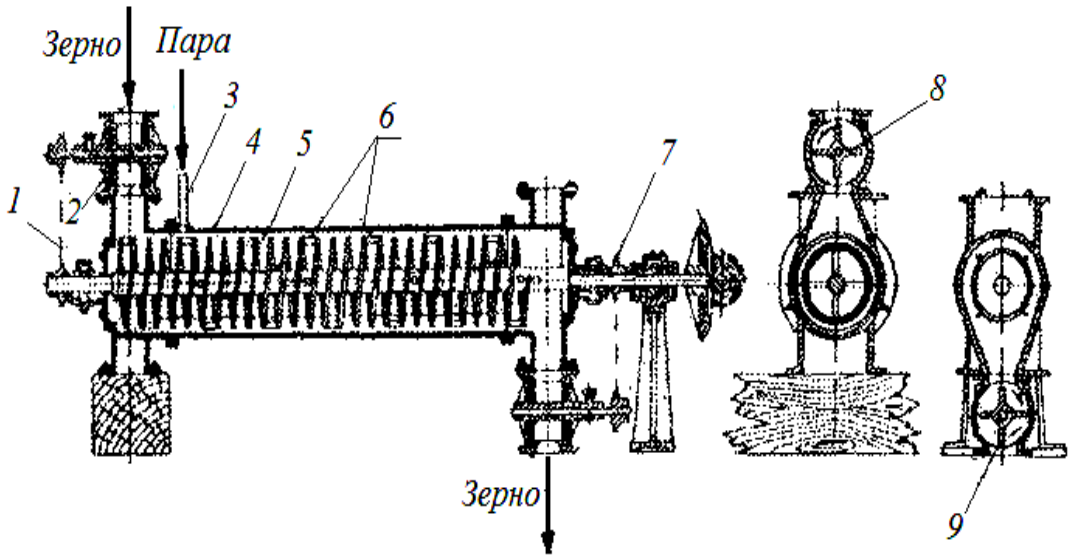


Рис. 5.8. Горизонтальний пропарювач:

1,7 – ланцюгові передачі; *2* – живильник; *3* – труба для пари; *4* – циліндр; *5* – шнек; *6* – металеві планки; *8,9* – лопатеві барабани

Пар в циліндрі поступає по трубі *3*, прилаштований запірним вентилем для регулювання подання пари і редукційним вентилем, манометром для регулювання тиску. Запуск пропарювача в роботу здійснюється наступним чином:

- після огляду пропарювача встановлюють тиск на редукційному клапані згідно режиму роботи шнека;
- включають на холостий хід шнек пропарювача і барабан завантажувального пристрою;
- відкривають заслінку бункера, встановленого над пропарювачем і починають його завантаження зерном повністю;
- після цього відкривають запірний вентиль і пускають пар в пропарювач (відкривати доступ пари в циліндр до його заповнення зерном не можна, так як в цьому випадку буде відбуватися витікання пари і збільшиться його конденсація, що утворить доцільність попадання конденсата в установлену після пропарювача сушарку;
- після пуску пари включають в роботу барабан розвантажувального пристрою.

Технологічна ефективність пропарювання в горизонтальному пропарювачі характеризується наступними показниками:

- збільшення вологості вівса від 14 – 15 до 20 – 25%;
- ріст вологості зовнішньої плівки зерна на 10,5 – 12,5% і ядра зерна на 4,0 – 4,5%;
- збільшення загальної вологості зерна гороху на 0,5 – 1,5%;
- збільшення вологості оболонок зерна гороху на 3,5 – 4,0% і його ядра не більше чим на 0,6 – 0,8%.

Апарат для пропарювання зерна А9-БПБ відноситься до обладнання періодичної дії і призначений для гідротермічної обробки зерна круп'яних культур (гречки, проса, вівса, пшениці, рису). Особливість апарата – наявність командного приладу, який дозволяє вести технологічний процес автоматично за заданою програмою.

Апарат складається з корпусу, змонтованого на зварній станині, завантажувального затвору, розвантажувального затвору та пульта керування.

Корпус апарата являє собою вертикальну зварну посудину з циліндричною обичайкою, сферичною кришкою і конічним днищем. Всередині корпусу розташовані розподільник жару у вигляді змійовика і коліно для скидання тиску. Змійовик складається з трьох горизонтальних трубчастих кілець з отворами, звернутими вниз. Щоб через отвори в змійовик не потрапляло зерно, вони захищені патрубками. В центральній частині корпусу встановлена вертикальна труба з пароросподіляючими патрубками, направленими під кутом вниз. Для рівномірного розподілення пари в зерні вертикальна труба і горизонтальні кільця також з'єднані між собою трубами. До середнього кільця приварений патрубок, через який із парової магістралі подається пар. На сферичній кришці і конічному днищі вмонтовані, відповідно завантажувальний і розвантажувальний затвори, які виконані у вигляді пробкових кранів. Для повороту затвори забезпечені самостійними приводами, якими керування здійснюється командним приладом.

На паровій магістралі встановлені манометри і вентилі для подання пари і скидання тиску. На сферичній кришці корпусу змонтований запобіжний пружинний клапан.

Електрообладнання апарата А9-БПБ складаються з двох електродвигунів напругою 1 кВт кожний; кінцевих вимикачів, які фіксують поворот пробок затворів на 90°; сигналізатора рівня, який контролює верхній і нижній рівні зерна при завантаженні і вивантаженні апарата, а також двох вентилів з електроприводами для подачі і випуску пари. На пульті керування встановлені командний прилад, пускова, захисна і сигнальна апаратура.

Апарат може працювати в двох режимах: ручному і автоматичному.

Ручний режим призначений для налагодження апарата і доробки продукта в аварійних ситуаціях, а також при відмові автоматики.

В автоматичному режимі роботи командний прилад забезпечує послідовне виконання наступних операцій: відкриття і закриття вентиля для подачі пари в апарат, затвора для завантаження зерна в апарат, вентиля для випускання пари і зниження тиску, також затвору для випуску зерна.

Технологічний процес апарату А9-БПБ складається із завантаження зерна, його пропарювання на протязі 1…6 хв в залежності від виду оброблювальної сировини і вивантаження.

Апарат для пропарювання зерна А9-БПБ-К(рис. 5.9) призначений для крупозаводів невеликої потужності. За будовою і технологічним процесом він практично не відрізняється від апарату А9-БПБ, а зменшення габаритних розмірів істотно вплинуло на його продуктивність (таблиця 5.6).

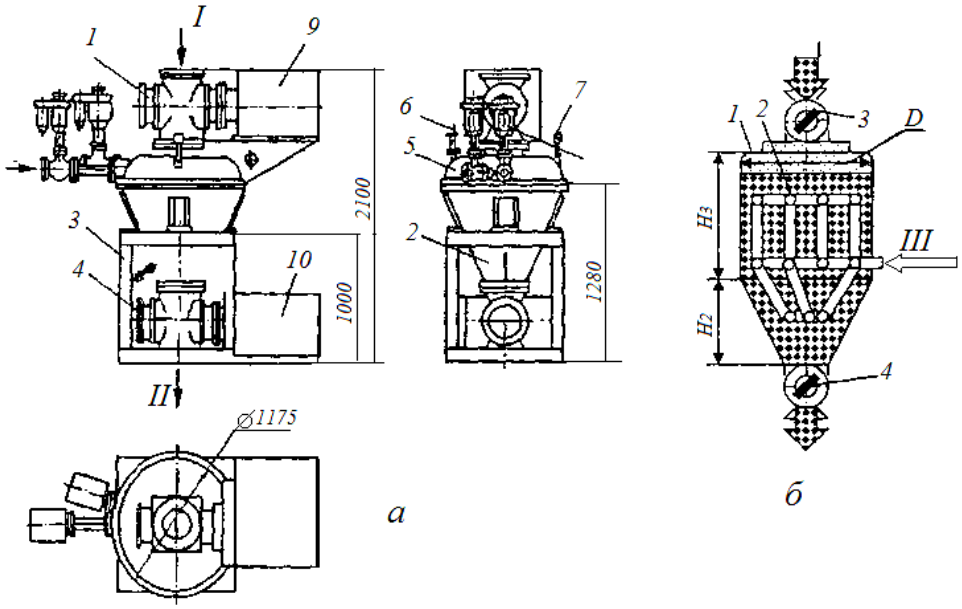


Рис. 5.9. Пропарювач періодичної дії:

а – загальний вигляд апарата А9-БПБ-К: *1* – завантажувальний механізм; *2* – корпус; *3* – основа; *4* – розвантажувальний механізм; *5* – кришка; *6* – клапан; *7* – датчик рівня зерна; *8* – вентиль; *9,10* – приводи завантажувального та розвантажувального механізмів; *б* – функціональна схема: *1* – камера; *2* – барботер; *3,4* – завантажу-вальний та розвантажувальний клапани; *I* – зерно на обробку; *II* – оброблене зерно; *III* – пара

Таблиця 5.6

Основні технічні дані апаратів для пропарювання зерна

Показник	А9-БПБ	А9-БПБ-К	П31-КБ
Продуктивність (по гречці), т/год	3,37	1,3	3,5 – 6,0
Тривалість пропарювання зерна,	1 - 6	1 - 6	-

хв			
Робочий тиск пари, МПа	0,05…0,3	0,05…0,3	0,3…0,5
Витрати пари*, кг/год	658	248	600 – 850
Потужність встановленних електродвигунів, кВт	2	2	7,5
Габариті розміри, мм: – довжина – ширина – висота	 2000 1160 3220	 2400 1175 2100	 1500 1200 3500
Маса (без пульта керування), кг	1880	1500	2550

*тривалість циклу пропарювання 10 хв.

Апарат безперервної дії для пропарювання зерна П31-КБ (рис. 5.10) складається із завантажувального та розвантажувального пристроїв, циліндричного корпусу з конічним днищем і сферичної кришки.

В якості пристрою завантаження використовується шнековий живильник. Шнек комплетується мотор-редуктором.

В якості пристрою для розвантаження застосовується самоущільнюваль-ний шлюзовий затвор з мотор-редуктором.

Всередині корпусу пропарювача розміщено пароросподільний колектор у вигляді піраміди, який рівномірно розподіляє пару серед зернової маси. Ззовні корпус оснащено арматурою подачі пари і скидання конденсату, а також контрольними пристроями та запобіжним клапаном. На подачі та відводі пари встановлено вентелі ручні для V=0,9 м^3.

Принцип роботи наступний. У пропарювач через шиберну заслінку завантажується 0,9 м^3 зерна. Заповнення пропарювача зерном контролюється сигналізатором граничного рівня. Після заповнення пропарювача зерном закривається шиберна заслінка та відкривається електромагнітний клапан подачі пари – до набору тиску 3,5 кг/см^2, після чого клапан закривається. Зерно в пропарювачі знаходиться на протязі 6-7 хв.

По закінченню цього строку відкривається електромагнітний клапан зниження тиску. При досягненні залишкового тиску 0,2 кг/см^2 електромагнітний клапан зниження тиску закривається, після чого

відкривається шиберна заслінка і відбувається випуск зерна з пропарювача. Потім закривається шиберна заслінка і цикл повторюється.

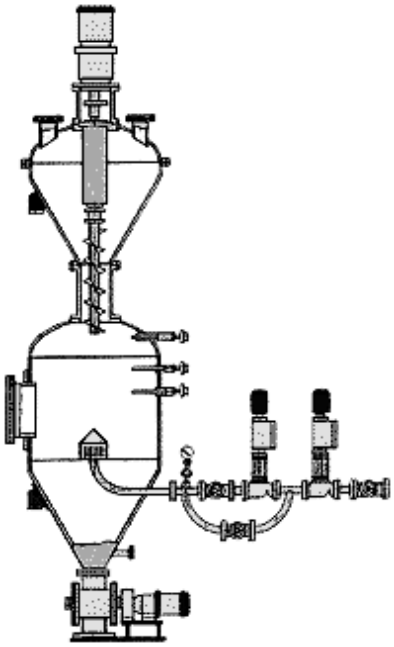


Рис. 5.10. Пропарювач безперервної дії ПЗ1-КБ

5.3. Варильні котли

Серед великого різновиду апаратів для темперування і підвищення концентрації харчових переваг сировини можна виділити такі види: апарати для нагрівання і варіння.

Обладнання, яке розглядається призначено для здійснення тепломасообмінних процесів, які викликають складні фізико-хімічні і структурно-механічні зміни, які зв’язані з поверхневим або об’ємним проникненням теплоти у продукт. Все це викликає зміни агрегатного і структурного стану продукції, пом’якшення рослинних тканин, що сприяє їх руйнування і екстрагуванню необхідних речовин, а також призводить до загибилі мікроорганізмів із запобіганням їх розвитку.

У виробництві харчових продуктів із використаних теплоносіїв переважно застосування водяної насиченої пари, що зумовлено

зручністю її транспортування, легкістю регулювання кількості і температури, великою теплотою конденсації, невисокою вартістю.

Варіння застосовується для теплової обробки круп до стану кулінарної готовності у воді, гострою парою або сумішшю насиченої пари, повітря при температурі нижче 100°С.

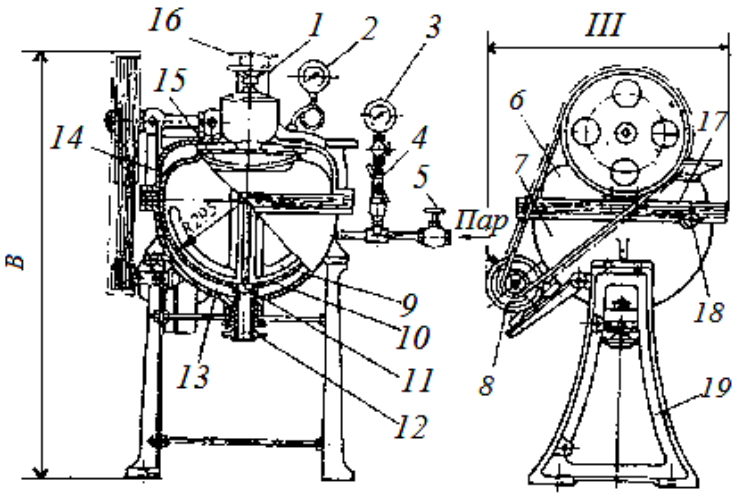


Рис. 5.11. Варильний котел

Варіння відбувається у варильних котлах різних типів. Варильні котли бувають зі стаціонарною і перевернутою чашою, відкриті (без кришки) і закриті. На рис. 5.11 показано закритий варильний котел із перевернутою чашою. Внутрішня чаша *10* виготовлена із міді або нержавіючої сталі. За допомогою сталевого кільця *17*, прокладки, болтів і відбортовки вона з'єднується зі сталевою паровою рубашкою *7*. Порожнина між чашою і рубашкою утворюють паровий простір, в який подається пар. На підвідній лінії встановлений манометр *3*, запобіжний клапан *4* і запірний вентиль *5*. Конденсат відводиться із найнижчої точки парового простору *13*. При тиску і в процесі роботи повітря із рубашки періодично випускають через кран *18*, який розташований в найвищий точці парового простору. Після завантаження котла масою закривають люк кришкою *15*, відкривають повітряний кран *18*, а продувний кран на конденсатовідвіднику або обвідної лінії і пускають пар, відкривши вентиль *5*. Продувку парового простору проводять до тих пір, поки з кранів не піде сухий

пар. Після цього закривають продувні крани, включають конденсатовідвідник і збільшують подачу пари.

В процесі нагрівання спостерігають по манометру *3* за тиском гріючого пару і по манометричному термометру *2* за температурою маси.

Підігріта маса вивантажується через штуцер *12,* для чого рукояткою *1* піднімають клапан *11*. Котли забезпечуються мішалками *9* для збільшення рівномірності прогріву в'язких речовин. Привідний електродвигун *8* шарнірно з'єднаний зі станиною *19* і своєю масою утворює необхідне натягування ременів за допомогою пристрою *6*. Іноді натягування збільшується додатковими вантажами і пружинами. Кришка *14* котла має трубу *16* для відводу пари.

Варильний котел може бути і відкритим, тобто без кришки. При шарнірному з'єднанні котла зі станиною нагріту масу вивантажують через борт поворотом котла навколо горизонтальної пустотілої вісі за допомогою маховика. Підведення пари і відведення конденсату у таких котлах відбувається через пустотілі вісі. В рубашці таких котлів від пустотілої вісі до найнижчої точки опускається трубка, по якій парою видавлюється конденсат.

Відкриті варильні котли можуть застосовуватися і для уварювання в тих випадках, коли тривала витримка уварювальної речовини при високій температурі не погіршує якості продукта.

Апарат ВА-800М призначений для варіння круп (рис. 5.12) складається з барабана *3*, бункера *6*, передньої *1* і задньої *8* стійок, переднього *2* і заднього *4* патрубків, приводу *7* та електрообладнання.

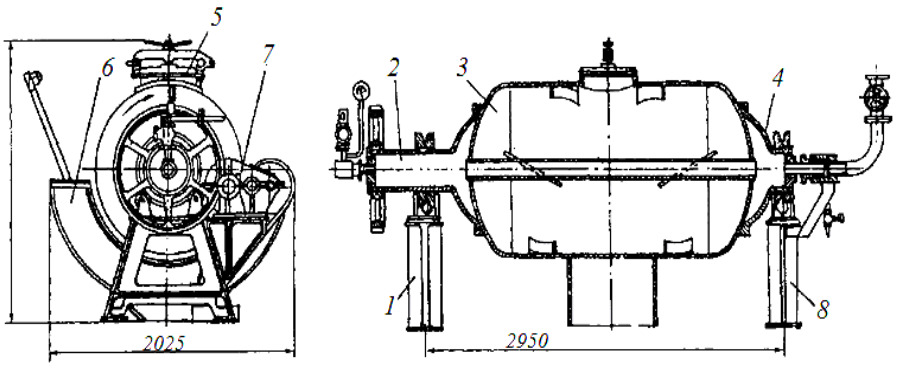


Рис. 5.12. Варильний апарат ВА-800М

Барабан являє собою горизонтальну циліндричну посудину з еліптичними днищами. До днищів барабану кріпляться передній патрубок, який призначений для вводу в апарат пари, і задній – для випуску надлишку пари. Порожнисті чавунні патрубки апарата з'єднанні між собою трубою, яка розташована на вісі барабана. Кінці труби вварені в днище барабана. З внутрішнім простором барабана порожнисті патрубки з'єднуються через отвори в днищах барабана. Отвори закриті решітками, які запобігають попаданню крупи в порожнисті патрубки. Ці отвори сприяють рівномірному розподіленню пари в середині барабана. На передньому патрубку апарата встановлені манометр і запобіжний клапан. Для забезпечення періодичного завантаження і розвантаження крупи на бічній поверхні бункера є люк *5* зі з'ємною кришкою, яка герметично закривається. З метою полегшення обслуговування люка на бункері передбачений пристрій. В цьому пристрої закріплюється кришка люка перед вивантаженням крупи із бункера.

Для кращого перемішування крупи в процесі варіння до внутрішньої поверхні циліндричної частини барабана приварені спіральні лопаті. Відбір проб із барабана здійснюється через пробний кран, який закріплений на його циліндричній частині.

Горизонтальне положення барабана забезпечується установкою його на чотирьох роликах завдяки двом бандажам, які закріплені на порожнистих патрубках передньої і задньої стійок. Для утримання апарата від осьових переміщень бандаж переднього патрубка має реборду.

Привід апарата вмикає електродвигун, клинопасову передачу і редуктор. На вихідний вал редуктора насаджена шестерня, яка знаходиться в зачепленні з зубчатим колесом, яке прикріплено до попереднього патрубка барабана. На одній плиті з редуктором встановлені колодкові гальма змінного струму, які призначені для зупинки і фіксації барабана в трьох положеннях: для завантаження, зняття кришки люка і вивантаження продукту.

В апарат через люк завантажують крупу і подають воду. Потім люк герметично закривають і подають пар, після чого апарат приводять в обертання. В процесі варіння крупа і вода безперервно

перемішуються. Час закінчення варіння встановлюють шляхом періодичного взяття проб через пробний кран апарата. Температурний режим варіння регулюється шляхом змінювання витрат і тиску пари.

По закінченні варіння підвід пари зупиняють, апарат зупиняється і за допомогою гальма фіксується в похилому положенні для зняття кришки люка. З'єднання пробного краника барабана з атмосферою знімає тиск в апараті. Після цього відкривають кришку люка, закріплюють його у пристрої на бункері і вивантажують зварену крупу в бункер. Потім вмикають привід і провертають декілька разів апарат з відкритим люком до повного вивантаження крупи із нього.

Таблиця 5.7

Технічна характеристика варочного апарату ВА-800М

Показник	Значення
Місткість, $дм^3$	2270
Працюючий тиск пари, МПа	0,25
Частота обертання робочого органу, $хв^{-1}$	2
Електродвигун:	
потужність, кВт	2,2
частота обертання, $хв^{-1}$	930
Габаритні розміри, мм	4140×1980×2026
Маса, кг	2405

5.4. Парові установки для піджарювання круп'яних культур

В експериментальному науково-технічному центрі по проблемам переробки гречки та інших круп'яних культур розроблений і поставлений на заводське виробництво комплекс обладнання.

Всі конструкторські розробки виконані спеціалістами, які мають багаторічний досвід створення машин для переробки сільськогосподарської продукції. Завдяки цьому дане обладнання

вигідно відрізняється від машин, створених іншими конструкторськими колективами.

Комплекс забезпечує виконання всіх операцій промислової технології: транспортування зерна в потоці, обробку парою, відволоження, просушування, розділення на фракції, лущення по фракціям, відділення готового продукту, автоматичне відділення лузги.

Склад обладнання комплексу: бункер приймальний з норією; установка для пропарювання зерна; установка для сушіння зерна; крупосушарка; бункер-накопичувач.

Бункер приймальний з норією призначений для приймання одночасно до 4 т зерна і періодичним завантаженням пропарювача.

Таблиця 5.8

Технічна характеристика бункера приймального з норією

Найменування показників і одиниці виміру	Норма
Тип	Стаціонарний
Максимальна продуктивність, кг/хв	100
Установлена потужність, кВт	0,37
Швидкість стрічки, м/хв (не більше)	1,8
Відстань між барабанами, мм	6180
Кількість ковшів, шт	63
Ємкість ковша, $дм^3$	0,2
Габаритні розміри, мм	705×300×6440
Маса, кг (не більше)	98

Установка для пропарювання зерна призначена для гідротермічної обробки (пропарювання) зерна гречки, вівса та інших культур. Її технічна характеристика представлена в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9

Технічна характеристика установки для пропарювання зерна

Найменування показників і одиниці виміру	Норма
Тип	Стаціонарний
Режим роботи	Ручний і автоматичний
Установлена потужність, кВт (не більше)	3,2
Робочий тиск пари, МПА (кг/см^2), не більше	0,3(3)
Витрата пари, кг/год	40
Тривалість циклу пропарювання зерна регульована, хв	1 – 6
Час завантаження (вивантаження) зерна, хв(не більше)	3
Завантаження зерна на один цикл, кг	100
Максимальна продуктивність, кг/год	600
Питома потужність, кВт/кг	0,032
Кількість обслуговуючого персоналу, люд	0,5
Габаритні розміри, мм: висота довжина ширина	 3800 5000 2400
Маса, кг (не більше)	1800

Установка для сушіння зерна призначена для сушіння зерна гречки після пропарювання. Може бути використана для сушіння інших культур.

Таблиця 5.10

Технічна характеристика установки для сушіння зерна

Найменування показників і одиниці виміру	Норма
Тип	Стаціонарний
Продуктивність, кг/год (не менше)	150
Споживча потужність, кВт (не більше)	9
Температура сушіння, °С (не більше)	120
Час сушіння, хв	30
Витрати пари при паровому калорифері,	50

кг/год	
Габаритні розміри, мм (не більше): довжина ширина висота	 5270 1700 4460
Маса, кг (не більше)	1500
Живлення від мережі перемінного струму: напруження, В	380
Частота, Гц	

Крупорушка призначена для виконання в автоматичному режимі повного циклу робіт, які пов'язані з обрушенням зерна гречки і одержанням готового і побічних продуктів. Вона представляє собою автономний малогабаритний агрегат, в склад якого входять розсів, багато секційний лущильний агрегат, аспіраційна система, подаючі елеватори, бункери для прийому гречки, лущеної маси і готової продукції.

Таблиця 5.11

Технічна характеристика крупорушки для виробництва крупи

Найменування показників і одиниці виміру	Норма
Тип	Стаціонарний
Привід	Електричний
Установлена потужність, кВт (не більше)	10
Продуктивність зерна, кг/год (не менше)	150
Вихід продукції, % (не менше) зерно гречки термооброблене: крупа-ядриця крупа-проділ борошенце зерно гречки без термообробки: крупа-ядриця крупа-проділ борошенце	 62 5 3 55 10 6
Кількість обслуговуючого персоналу, люд (не більше)	1
Габаритні розміри, мм (не більше)	2300×2600×4000
Маса, кг (не більше)	3000

Бункер-накопичувач призначений для накопичення лузги гречки з послідуючим вивозом автотранспортом.

Таблиця 5.12

Технічна характеристика бункера-накопичувача

Найменування показників і одиниці виміру	Норма
Продуктивність, кг/год	100
Установлена потужність, кВт (не більше)	7,5
Висота підйому, м	7,5
Тиск повітря, кг/м^2	170
Діаметр повітроводу, мм	150
Ємність основного бункера, м^2	6
Подача лузги в бункер	Циліндрична
Габаритні розміри, мм (не більше): ширина висота	 4000 8000
Маса, кг (не більше)	3000

Технологічний процес. Зерно з зернотоку автомобілем доставляється на крупозавод і розвантажується в приймальний бункер. Звідти зерно системою транспортерів передається спочатку в пропарювач, де воно витримується при температурі 130 °С на протязі 5 – 6 хв, потім поступає в відволожувач, де витримується пропарене зерно. Після цього подається на сушіння, доводиться до вологості 14 – 14,5 % і просушене зерно обсипається в приймальний бункер крупосушарки. Крупосушарка представляє собою автономний агрегат, в склад якого входять: транспортна система, яка забезпечує рух зерна по технологічній мережі в крупосушарці; двохсекційний розсів. Перша секція якого забезпечує відділення крупних фракцій (тверді включення, зерна вівса, ячменю, пшениці, насіння бур’янів тощо) і розділення зерна гречки на шість фракцій, а друга секція – відділення готового продукту (крупа, проділ, борошенце); багатосекційний лущильний агрегат, де в кожній секції відбувається лущення певної фракції зерна гречки. Зазори між лущильним барабаном і декою в кожній секції регулюється автономно, в залежності від розміру зерна. Очищене від лузги зерно, знову поступає в розсів, де відділяється готовий продукт (крупа, поділ, борошенце) від не облущеного зерна.

Останнє знову поступає в лущильний агрегат, а крупа, поділ і борошенце – кожний по своєму каналу в тару (мішки);

аспіраційна система, яка складається із вентилятора, повітроводів і циклонів, забезпечує відділення лузги і пилу від зерна по всьому технологічному процесу лущення;

магнітний уловлювач забезпечує видалення металічних включень із потоку зерна.

Накопичувана в циклонах лузга і пил потім за допомогою вентиляційної системи збирається в окремому бункері. Крупні фракції – в окремому бункері і використовуються на корм.

Готовий продукт складається в мішки. Габаритні розміри комплексу в зібраному виді: довжина – 12 м, ширина – 6 м, висота – 6,5 м.

Описаний цей комплекс обладнання може бути використаний для створення цехів (міні-крупозаводів) в умовах фермерських господарств і їх об'єднань.

Науково-технічним центром розроблена і випускається промисловістю малогабаритна універсальна крупорушка, призначена для переробки круп'яних і олійних культур. Завдяки їй можна:

- розділяти на фракції зерно гречки, лущити і відділяти готовий продукт;
- лущити просо і відділяти готовий продукт від лузги;
- лущити олійні культури (соняшник, кедровий горіх);
- переробляти зерно на комбікорм;
- провіювати сільгосппродукти.

Таблиця 5.13

Технічна характеристика універсальної крупорушки для переробки круп'яних та олійних культур

Найменування показників і одиниці виміру	Норма
Тип	Стаціонарний
Привід	Електричний
Споживча потужність, кВт	2,5
Продуктивність, кг/год	50

Габаритні розміри, мм	750×600×1500
Маса, кг	300

Обладнання для ГТО зерна в круп'яному виробництві

Гідротермічна обробка круп'яних культур передбачає пропарювання зерна парою, сушіння і охолодження в спеціальних апаратах періодичної та безперервної дії (рис. 5.13).

Після такої обробки поліпшуються технологічні властивості зерна, полегшується відділення оболонок від ядра під час лущення, збільшується вихід цілого ядра, поліпшуються споживчі властивості крупи (скорочується тривалість її варіння, консистенція готової каші стає більш розсипчастою; підвищується стійкість крупи під час зберігання в результаті інактивації ферментів, що сприяють псуванню крупи тощо).

Способи і режими гідротермічної обробки зерна круп'яних культур (табл.5.14) досить різноманітні, їх вибір залежить від властивостей зерна, асортименту продукції і від того, як впливають режими обробки на зміну зовнішнього вигляду крупи тощо.

Пропарювання – сушіння – ожолодження застосовують для гречки, вівса і гороху. Особливість цього процесу – висока температура нагрівання зерна (110...120 °С) під час пропарювання; він відбувається при надлишковому тиску пари. Зерно швидко і добре прогрівається і зволожується; воно стає більш еластичним і менш крихким, тому менше подрібнюється під час лущення і шліфування. Пластифікація ядра відбувається як від зволоження, так і від хімічних перетворень (клейстеризації крохмалю, карамелізації цукру й денатурації білків).

Короткочасне сушіння пропареного зерна в більшій мірі зневоднює квіткові і плодові оболонки, вони стають більш крихкими і легше руйнуються під час лущення. Зміни в складових частинах зерна в процесі пропарювання. сушіння і охолодження приводять до зменшення енергомісткості подальших процесів оброблення зерна.

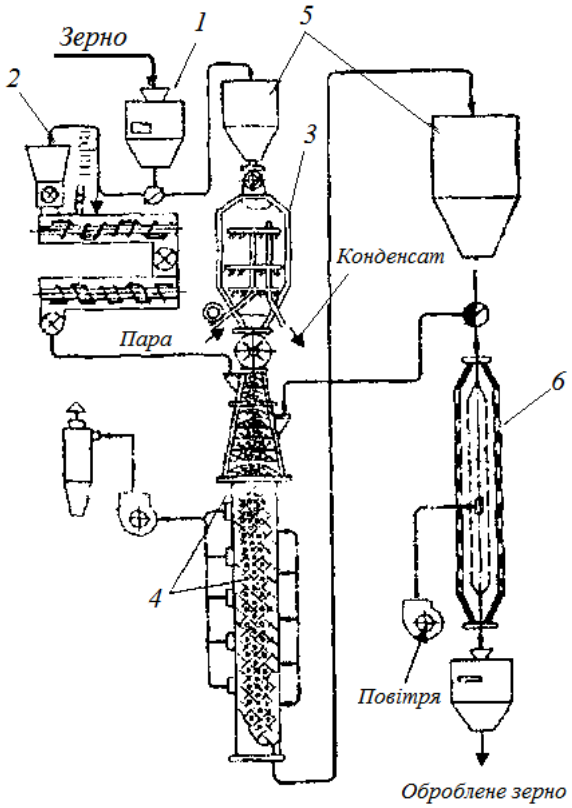


Рис. 5.13. Узагальнена функціональна схема ГТО зерна в круп'яному виробництві:

1 – дозатор зерна; *2* – пропарювач безперервної дії; *3* – пропарювач періодичної дії; *4* – сушарка; *5* – бункер-накопичувач; *6* – охолоджувальна колонка

Таблиця 5.14

Режими гідротермічної обробки зерна

Культура	Тиск пари, МПа	Тривалість пропарювання, хв	Вологість зерна, %	
			після пропарювання	після гідротермічної обробки
Гречка	0,25...0,30	4,0...6,0	18...19	12,5...13,5
Овес	0,05...0,10	3,0...5,0	16...18	10/12...13*
Горох	0,10...0,15	2,0...3,0	16...18	13,5...14,5
Пшениця	0	0,5...2,0		14,5...15,0
Кукурудза	0	2,0...3,0		15,0...16,0**

* У чисельнику приведено вологість зерна призначеного для подальшої обробки лущильним поставом, у знаменнику – оббійними і відцентровими лущильними машинами.
** У виробництві шліфованої і дрібної крупи

5.5. Комбікормові агрегати і лінії

Основна відмінність побудови технологічних процесів на комбікормовому виробництві від млинів і крупорушок полягає у переробці багатьох видів сировини з різноманітними технологічними властивостями. Тому загальна технологічна схема виготовлення комбікормів складається із окремих технологічних ліній (рис. 5.14. та 5.15) з відповідним обладнанням. Одним із важливих завдань комбікормового виробництва є виготовлення кормів для молодняка, до яких висуваються особливі вимоги.

Зерно зі складу норією *1* надходить на автоматичні ваги *2*, зважується, очищається на сепараторі *3* від домішок. Очищене зерно через магнітний сепаратор надходить до лущильної машини *5*, лущиться. Лущене зерно надходить до повітряного сепаратора *6*, в якому очищається від лузги. Очищене ядро норією направляється в молоткову дробарку *8* на подрібнення. Підготовлений в такий спосіб продукт подається в наддозаторний бункер *9*.

Лінія піджарювання ячменю (рис. 5.15) включає розподільники, бункери з датчиками рівня зерна, дробарку з циклоном, лущильну машину, норії, сепаратор зерна, обжарювальні агрегати з котлом для нагрівання оливи температурою 230...250 °С, охолоджувач, розподільний та вивантажувальний гвинтові транспортери. Обжарювальний агрегат - це камера діаметром 2 і висотою 4,5 м, місткістю 0,7 м. Днище та стінки камери обігріваються змійовиками, в яких циркулює олива. Місткість робочої ємності агрегату – 0,5 тонн зерна.

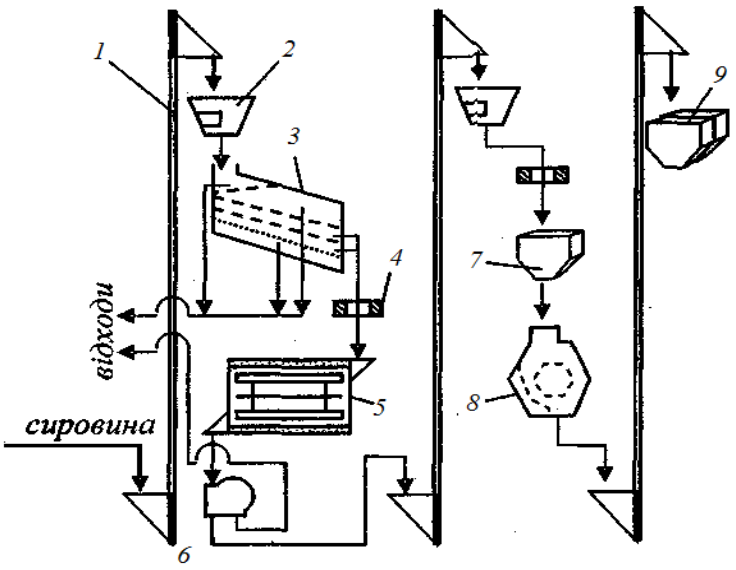


Рис. 5.14. Схема підготовки зерна плівчастих культур до переробки на комбікорм:

1 – норія; *2* – автоматичні ваги; *3* – сепаратор; *4* – магнітний уловлювач; *5* – лущильна машина; *6* – повітряний сепаратор; *7* – накопичувальний бункер; *8* – молоткова дробарка; *9* – над-дозаторний бункер

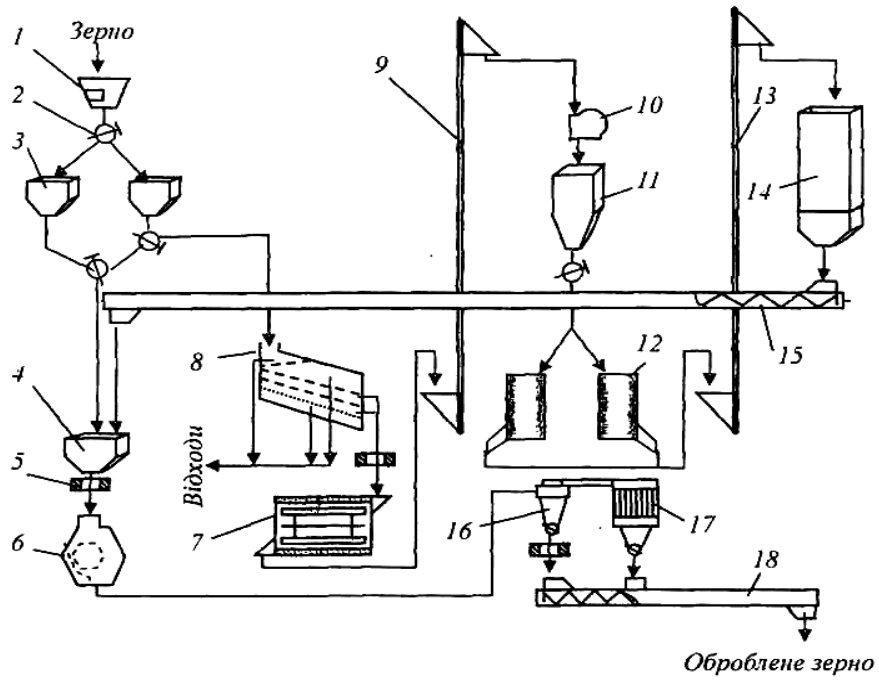


Рис. 5.15. Лінія піджарювання ячменю:

1 – автоматичні ваги; *2* – розподільники; *3, 4, 11, 14* – бункери; *5* – магнітний уловлювач; *6* – молоткова дробарка; *7* – лущильна машина; *8* – повітряний сепаратор; *9, 13* – норія; *10* – пневмосепаратор; *12* – обжарювальний агрегат; *15* – розподільний гвинтовий транспортер; *16* – циклон; *17* – фільтр; *18* – відвантажувальний гвинтовий транспортер

Тривалість циклу обжарювання – 100 хв. (завантаження – 30, піджарювання – 65, вивантаження–5хв). Для підвищення ефективності піджарювання зерна, застосовують додатково агрегат для гідротермічної обробки зерна АСК-5.

Порядок роботи лінії такий. Зерно із бункера подається на сепаратор *8*, потім на лущильну машину *7*. Лущене зерно норією *9* подається у пневмосепаратор *10*, очищається від лузги і надходить до бункера-накопичувача *11*, потім на обжарювання в апарат *12*. Обжарене зерно норією *9* подають у бункер-накопичувач *14*, де воно охолоджується. Охолоджене зерно гвинтовим транспортером *15* подають на подрібнення в дробарку *6*. Подрібнене зерно пневмотранспортом направляють у відвантажувальний гвинтовий транспортер.

Лінія теплової обробки фуражного зерна (рис. 5.16) входить до складу комбікормового комплексу ОКЦ-4. Вона складається із бункера *1,* зволожувача *4*, установки для інфрачервоного опромінювання (ІЧ-опромінювання) зерна *5*, пневмотранспорту з вентилятором *9*, бункера *11* для обробленого променями зерна. Зволожувач складається із бункера та вмонтованих в нього форсунок для подачі води. Зволоження відбувається під час перемішування зерна гвинтом.

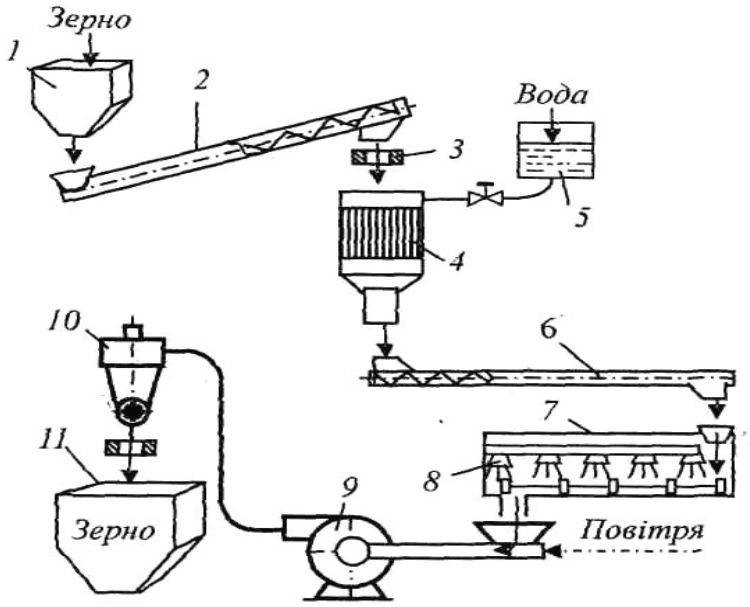


Рис. 5.16. Лінія гідротермічної обробки фуражного зерна:

1 – бункер; *2, 6* – гвинтові транспортери; *3* – магнітний уловлювач; *4* – зволожувач; *5* – бак з водою; *7* – установка для інфрачервоного опромінювання зерна; *8* – лампи; *9* – вентилятор пневмотранспорту; *10* – циклон; *11* – бункер для обробленого зерна

Комбікормові установки. На невеликих тваринних фермах для виготовлення комбікормів використовують малогабаритні комбікормові агрегати, на крупних – комбікормові комплекси більшої потужності.

Малогабаритний комбікормовий агрегат УМК-Ф-2 (рис. 5.17) складається із секційного бункера *1* для компонентів сировини, датчиків верхнього і нижнього рівнів *2*, дозаторів *3*, гвинтових змішувачів *4*, *5*, лічильника циклів *6*, дробарки *7* і розвантажувального гвинтового транспортера *8*. Після дозування, компоненти сировини попередньо змішуються гвинтами транспортерів *4*, *5* і надходять до дробарки на подрібнення, а потім горизонтальним (на схемі не показано) та нахиленим гвинтовим транспортером *8* готова суміш виводиться із установки.

Технологічну лінію комбікормового цеху комплекс ОКЦ-4 для виготовлення кормових сумішей більшої продуктивності зображено на рисунку 5.18. Лінія може забезпечити відповідними комбікормами тваринництво, птахівництво і окремі ферми та птахофабрики. Цех ОКЦ-4 потужністю 4,7...4,8 т/годину може готувати розсипні або гранульовані комбікорми із зерносумішей та БВД промислового або місцевого виготовлення. Він включає чотири блоки: блок виготовлення БВД (I), розмельно-змішувальний (II), блок виготовлення рідких добавок (III) і блок гранулювання (IV) із системою додаткового устаткування.

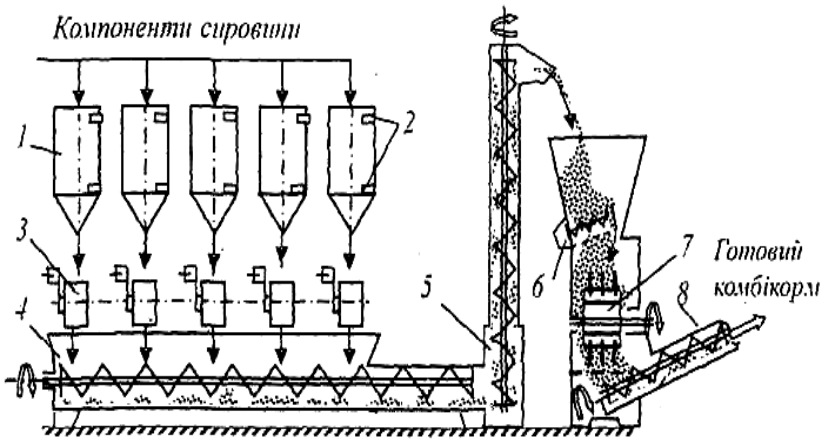


Рис. 5.17. Технологічна схема малогабаритної установки УМК-Ф-2:

1 – секційний бункер; *2* – датчики верхнього і нижнього рівнів; *3* – дозатор; *4* – змішування кормів; *5* – датчик лічільника циклів; *б* – молоткова дробарка; *6* – камера дробарки; *7* – молотковий ротор; *8* – кільцеве решето; *9, 10* – розванта-жувальні гвинтові транспортери

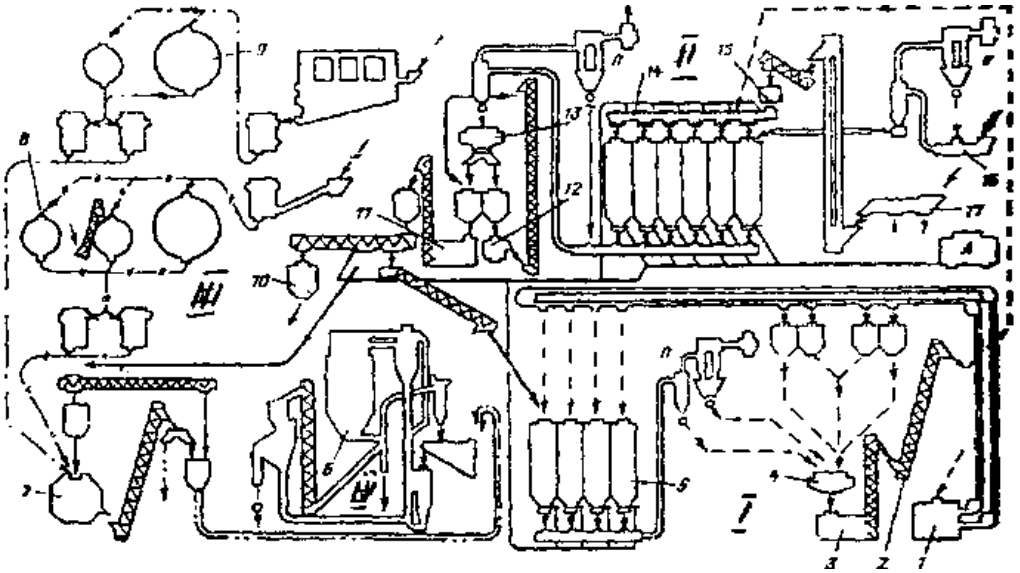


Рис. 5.18. Технологічна лінія комбікормового цеху ОКЦ-4:

1 – приймальний бункер премікcів і мінеральних добавок з тросово-шайбовим транспортером; *2* – конвеєр; *3* – порційний змішувач БДВ; *4,13* – автоматичні ваги; *5* – блок бункерів компонентів БВД; *6* – гранулятор; *7, 8* - лінія підготовки і дозування рідких добавок; *9* – лінія приймання і підготовлення жиру; *10* – розвантажувальний конвеєр з накопичувальним бункером; *11* – порційний змішувач; *12* – зернодробарка; *14* – блок бункерів; *15* – норія; *16* – завантажувальний пристрій пневмотранспорту; *17* – зерновий вібросепаратор

При роботі цеху із використанням готових БВД, вони із сховища надходять до вібросепаратора *17*. Після сепарування норією і гвинтовим конвеєром БВД подають через магнітну колонку *15* в бункер *14*. В такий же спосіб завантажують в бункери зерно. За рецептурою комбікорму пневмотранспортом в бункери подають інші компоненти суміші, які зважуються в потоці автоматичними вагами *13*. Подрібнену зернову суміш норією спрямовують в накопичувальний бункер-змішувач *11*, в який пневмотранспортом також подають зважені порції БВД та інші компоненти за рецептурою комбікорму. Накопичена в бункері порція компонентів автоматично перевантажується в змішувач *11*, перемішується і гвинтовим конвеєром направляється в накопичувальний бункер *10* або в лінію дозування рідких компонентів *7* (жир, меляса) і далі – на гранулювання.

5.6. Обладнання для волого-теплової обробки м’ятки в олійному виробництві

Волого-теплова обробка (ВТО) подрібненого ядра (м’ятки) олійних культур передбачає зволоження водою або парою з наступним сушінням у жаровнях різної конструкції (вогневі та парові жаровні з кількістю чанів від 3 до 6) і агрегатах з попереднім видаленням олії (форпреси).

Волого-теплова обробка м’ятки складається з двох послідовних в часі етапів:

- зволоження з нагріванням пароводяною сумішшю або парою в шнеках-інактиваторах, форчанах або в жаровнях;
- сушіння м’ятки в жаровні при кондуктивному підводі до м’ятки тепла і активному перемішуванні її.

Процеси зволоження з нагріванням м’ятки забезпечують інактивацію ферментів, сповільнюють протікання небажаних хімічних утворень і накопичення в олії негідратованих фосфатидів і вільних жирних кислот (ліпідів).

Крім того послаблюються внутрішні механічні зв’язки між білковою частиною ядра і олією, з обробленої в такий спосіб м’ятки легше віджимається олія, її вихід більший.

Оптимальний процес волого-теплової обробки м’ятки здійснюють шляхом короткочасного пропарювання м’ятки гострою парою, або пароводяною сумішшю за параметрами, що наведені в таблиці 5.15.

Після закінчення першого етапу обробки зволожена і підігріта м’ятка має підвищену вологість і пластичну консистенцію. В такому стані вона не придатна до пресування, так як в пресі не вдається досягнути оптимальної величини тиску: пластична м’ятка легко витискується через щілини преса, що передбачені в них для відведення олії або макухи.

Таблиця 5.15

Режим зволоження м’ятки

	Режим зволоження

Олійна культура	Початкова температура нагрівання, °С	Кінцева температура, °С	Температура пари, °С	Тиск пари, МПа	Кінцева вологість, %
Соняшник	15...16	10...85	110...120	0,07....0,5	10...14
Льон	10...12	60	110...115	0,05...0,5	9...10
Ріпак	30...40	85...90	130...132	0,5...5	7..8

Під час другого етапу теплової обробки м'ятки, який називають сушінням (жарінням), випарується волога, м'ятка втрачає вологу, стає більш жорсткою і придатною для пресування. Висушену в такий спосіб м'ятку називають м'язгою.

Режими жаріння залежать від виду олійних культур (табл. 5.16).

Для волого-теплової обробки м'ятки олійних культур використовують обладнання, що різниться способами нагріву, організацією робочого процесу, рівнем механізації, конструктивними вирішеннями (рис. 5.19).

Таблиця 5.16

Параметри режиму жаріння олійних культур

Олійна культура	Параметри режиму жаріння		
	Кінцева температура, °С	Темпаратура пари, °С	Кінцева вологість, %
Соняшник	35...40	110...123	5...5,8
Льон	30..40	100	5
Ріпак	40...45	100...105	5...6

На механізованих лініях малої продуктивності застосовують блоки_вогневих жаровень (рис. 5.20, 5.21), каскадні вогневі жаровні (рис. 5.22) та парові трьохчанні жаровні (рис. 5.23), на промислових олійно-жирових заводах – форчани для попереднього пресування олії і шестичанні жаровні. При переробленні сої, деяких сортів ріпаку, олійноефірних культур, що містять шкідливі нетермостійкі речовини, їх обробляють парою в шнекових активаторах.

Блок вогневих жаровень являє агрегат (рис. 5.20, *а*), до складу якого входять дві або три печі *2* з жаровнею *1* на кожній. Жаровня складається із чану *6*, впускного і випускного патрубків і мішалки *8* з приводом. Блоками жаровень комплектують лінії з гідравлічними пресами.

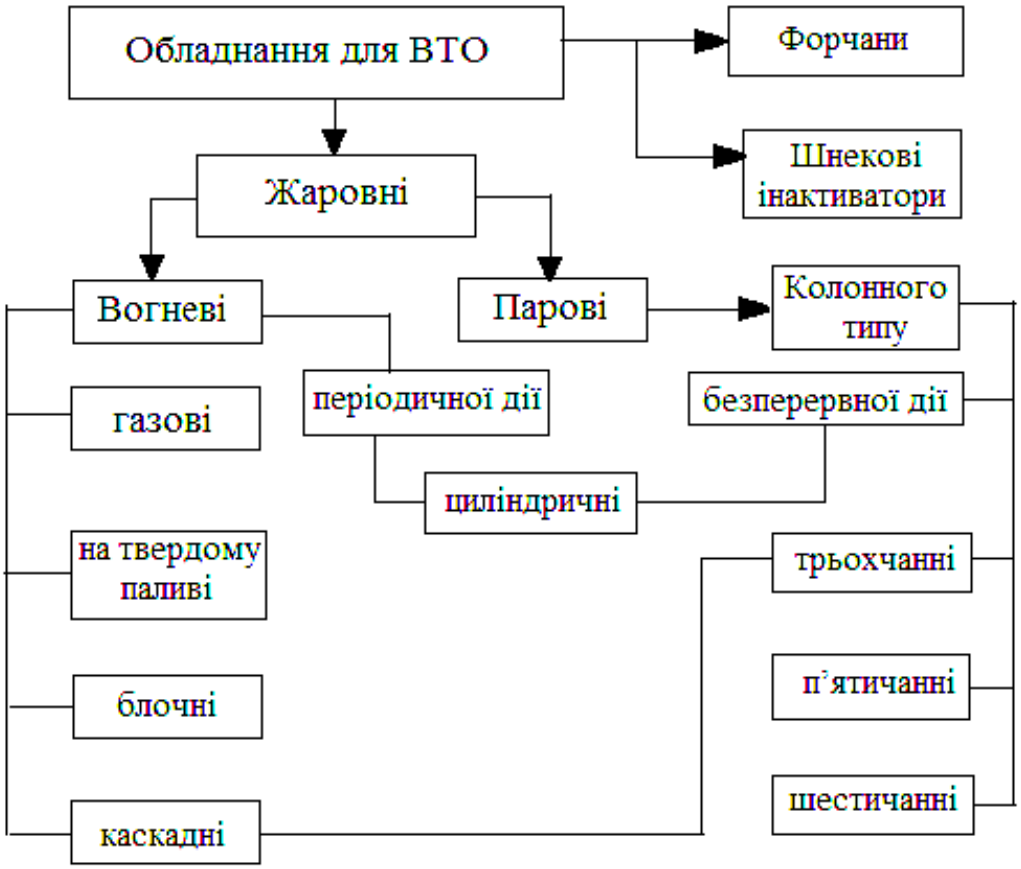


Рис. 5.19. Класифікація обладнання для волого-теплової обробки м'ятки

Блок жаровень (рис. 5.21, *а*) складається із змонтованих на печах *2* двох одночанних жаровень *1*, загального колектора *3* з димоходом *4*. Чан *5* жаровні (рис. 5.20, *б*) зварений зі стального листа, має циліндричну форму. Зверху на чанах змонтована рама *6*, на якій закріплено мотор-редуктор *7*, мішалку *8* з вивантажувальним пристроєм м'язги та відкидні кришки. На боковій стінці чана передбачено вікно з шиберною заслінкою для вивантаження

піджареної м’язги спеціальними лопатями *11* вивантажувального пристрою мішалки.

Механізм розвантаження складається з муфти *12* із закріпленими на ній вивантажувальними лопатями *11* та важільного механізму *9*. Муфта вільно посаджена на вал мішалки, в неробочому стані піднята вверх і знаходиться під кришкою жаровні разом з вивантажувальними лопатями. В цьому положенні лопаті вивантажувального пристрою відбивають м’ятку зверху вниз, перешкоджаючи утворенню зон застою м’ятки під кришкою під час її перемішування лопатями *10* мішалки. В печах жаровні зазвичай спалюють лузгу насіння соняшнику або тверде паливо.

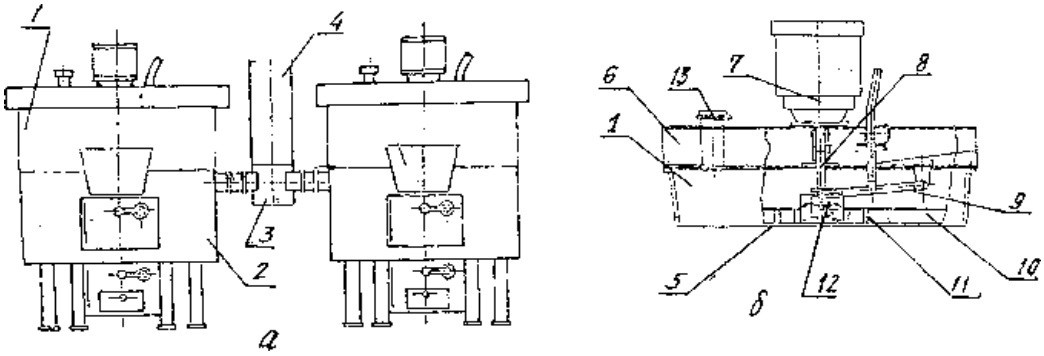


Рис. 5.20. Загальний вигляд блока вогневих жаровень (*а*) і конструкція жаровні (*б*):

1 – жаровня; *2* – піч; *3* – колектор; *4* – димова труба; *5* – чан; *6* – рама; *7* – мотор-редуктор; *8* – мішалка; *9* – важільний механізм; *10* – лопаті мішалки; *11* – лопать вивантажувального пристрою; *12* – муфта; *13* – патрубок

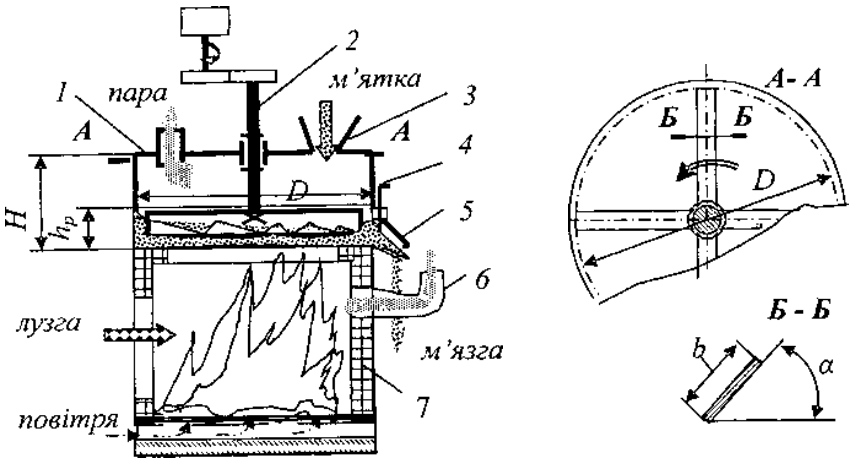


Рис. 5.21. Функціональна схема вогневої жаровні:

1 – чан; *2* – мішалка; *3*, *5* – завантажувальний та вивантажувальний патрубки; *4* – заслінка; *6* – димова труба; *7* – піч

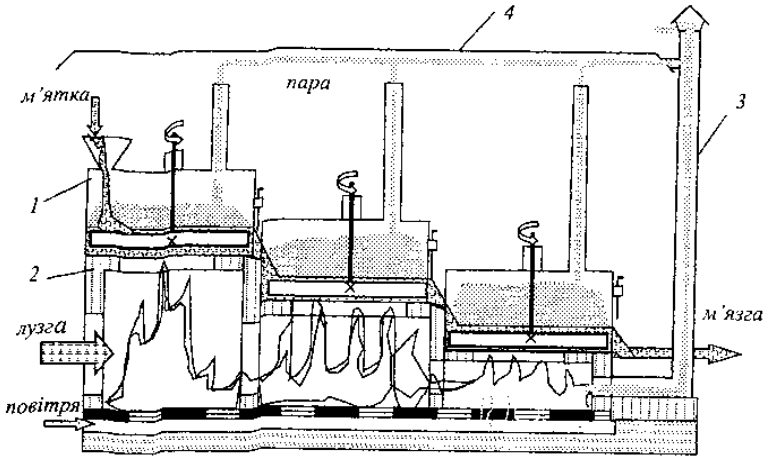


Рис. 5.22. Функціональна схема каскадної жаровні:

1 – блок жаровні; 2 – піч; *3* – димова труба; *4* – ковпак витяжного пристрою

Блок жаровні працює так. При підігрітій печі і ввімкненому приводі мішалки через вікна в кришках в чани завантажують сиру м'ятку вручну або гвинтовим транспортером. Після завантаження в чан вливають порцію води 1...1,5 л для зволоження м'ятки до вологості 14...16%. М'ятка в чані безперервно перемішується, рівномірно нагрівається і пропарюється. На протязі 1..3 хвилин білки м'ятки насичуються вологою, набухають. Внутрішні сили, що утримують олію в частинках ядра, істотно послаблюються, частина олії виділяється на їх поверхню, м'ятка набуває пластичного стану. Під час подальшого нагрівання і перемішування м'ятки, що триває 35...45 хв., волога з неї випаровується і відводиться з чана трубою *13*. Процес сушіння (жаріння) продовжують до вологості м'ятки не вище 5 %.

Жаровні блока працюють паралельно. Необхідну температуру в печах блока підтримують інтенсивністю горіння відповідною подачею твердого палива і повітря в зону горіння. М'язгу випускають через вікно в боковій стінці чану, для чого відкривають заслінку і

включають в роботу механізм вивантаження (муфту *12* з лопатями *11* переводять в нижнє положення до зчеплення муфти з валом мішалки).

Каскадними жаровнями (рис. 5.22) комплектують потокові лінії малої продуктивності із шнековим пресом. Вони складаються з трьох однакових вогневих жаровень *1*, спільної печі *2* з димоходом *3* і витяжним ковпаком *4*. Конструкція жаровень *1* аналогічна конструкції блочної жаровні (рис. 5.20). Вогневі жаровні каскаду працюють послідовно; м'ятка безперервно поступає у верхню жаровню, з верхньої у середню, остаточно оброблюється в нижній, звідки подається самопливом в шнековий прес лінії.

Парові жаровні (рис. 5.23, 5.24) є найбільш досконалими апаратами для волого-теплової обробки м'ятки. У них забезпечується автоматичне регулювання технологічного процесу.

Трьохчанна жаровня (рис. 5.23) складається із змонтованих один над одним циліндричних чанів *2*, у днищі яких є парова сорочка *1* з патрубками для підведення пари і відведення конденсату, колектора *3* для зволоження і пропарювання м'ятки у верхньому чані та спільної мішалки *4* з електроприводом.

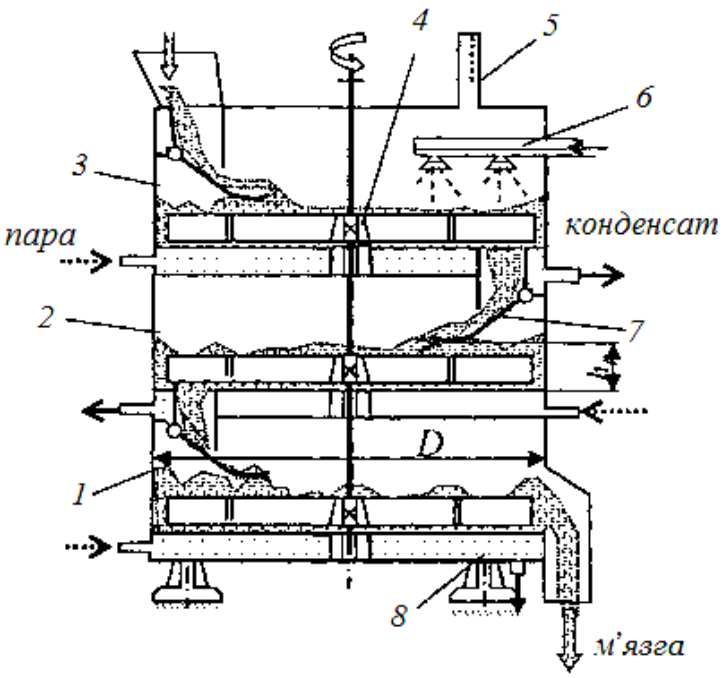


Рис. 5.23. Функціональна схема трьохчанної парової жаровні:

1, 2, 3 – чани; *4* – мішалка; *5* – труба для відведення випаровуваної вологи; *6* – колектор; *7* – клапан перепускний; *8* – порожнисте днище

В кришці верхнього чану і днищах верхнього та середнього чанів є вікна з коробчатими патрубками для перепускання м'ятки. На коробчатих патрубках змонтовані клапани *6* з копірами (клапани Лінка), які підтримують сталий рівень м'ятки у чанах в процесі роботи жаровні.

Перегріта пара в порожнисті днища чанів подається системою пароросподільних труб (на рисунку не показані), випаровувана волога з чанів відводиться через трубу *5*.

Шестичанні жаровні (рис. 5.24) мають ідентичну будову з трьохчанною і відрізняються від неї розмірами чанів та продуктивністю. Вони застосовуються на олійножирових заводах для волого-теплової обробки м'ятки перед віджимом олії форпресами.

Технологічний процес жаріння в паровій жаровні відбувається так. М'ятка поступає в жаровню через живильний патрубок і клапан Лінка у кришці верхнього чана. На своєму шляху м'ятка зволожується і пропарюється пароводяним струменем з колектора *3*, безперервно перемішується мішалкою, нагрівається до температури 105...110 °С від парових сорочок і виводиться з жаровні самопливом через вивідний патрубок нижнього чана. Випарювана під час сушіння м'ятки волога відводиться з верхнього чана патрубком у його кришці. Температура жаріння регулюється в кожному чані окремо відповідною зміною тиску пари в парових сорочках.

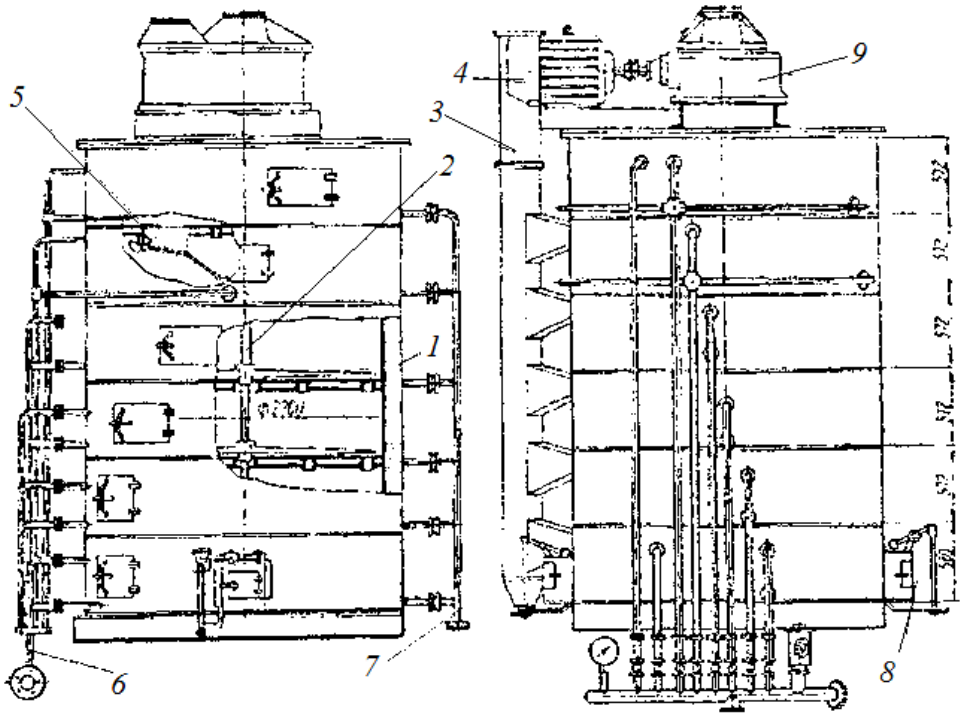


Рис. 5.24. Шестичанна жаровня Ж-6:

1 – чан; *2* – мішалка; *3* – витяжна труба; *4* – привід мішалки; *5* – клапан Лінка; *6* – паропідвідний колектор; *7* – кондесатор-відвідник; *8, 9* – вивантажувальний і завантажувальний патрубок

За жаровнями необхідний ретельний догляд. Неприпустиме підгоряння м’язги. Після закінчення зміни необхідно проводити очищення чанів від залишків м’язги, слідкувати щоб зазор між лопатками мішалки і дном чанів був не більше 0,4 мм, при необхідності виконувати його регулювання.

Розрахунок жаровні

Масу порції м’ятки кг, яка є в одному чані, визначають за формулою:

$$G_{м} = \frac{Q_{м} \cdot \tau_{м}}{60 \cdot n_{б}},$$

(5.3)

де $Q_м$ – продуктивність жаровні по м’ятці, кг/год;

$\tau_м$= 45 – час обробки м’ятки, хв;

$n_б$ – кількість блоків (згідно з рекомендаціями n = 3).

Робочу місткість чана розраховують за формулою:

$$V_р = G_м/\rho \ , \qquad (5.4)$$

де ρ – густина м’ятки, кг/м^3.

Діаметр чана визначають за формулою:

$$V_р = 0{,}25\pi D^2 h_р \ , \qquad (5.5)$$

де D – діаметр чана, м;

$h_р$ – 0,2 ...0,3 – висота шару м’ятки в чані, м.

Висота жаровні H= (1,6... 2,0) D.

Кутову швидкість обертання мішалки ω, рад/с, визначають з умови досягнення відриву м’ятки на краю лопаті:

$$\omega = \sqrt{\frac{gf}{0{,}43D_л}} \qquad (5.6)$$

де f = 0,40 – коефіцієнт тертя м’ятки по лопаті;

D – діаметр лопаті, м:

$$D_л = D - 2\Delta \qquad (5.7)$$

де Δ = 0,002 – зазор між лопаткою і стінкою чана, м.

Потужність для приведення в дію мішалки N, кВт, визначають за емпіричною формулою:

$$N = z_ч \cdot \rho(0.523 \cdot \sqrt{n} - 1) \cdot n \cdot l^{3.1} \cdot h_р^{2.25} \cdot z \cdot b \cdot \sin\alpha \cdot (0{,}11 - 0{,}16 \cdot 10^{-5} \cdot \tau_м) \cdot e_л$$

де $z_ч$=1…5 – кількість чанів, шт;

n – частота обертання вала мішалки, об/хв;

l – довжина лопаті (ножа), м; $l = D_л /2$;

$h_р$ = 0,30 – висота шару м'ятки, м;

z – кількість лопатей (конструктивно беруть z = 4);

b= 0,08 – ширина лопаті, м; α = 45° – кут атаки, град;

$\tau_м$= 2700 – час жаріння, с;

$e_л$ – коефіцієнт форми лопаті (для прямокутної $e_л$ = 1,00, або змінним кутом нахилу $e_я$ = 0,75)

Таблиця 5.17

Технічна характеристика обладнання для ВТО сільськогосподарського призначення

Показники	Характеристика або числове значення		
	Блок жаровень	Каскадна жаровня	Парова жаровня
Продуктивність, кг/год	215	350	350
Число чанів	2	3	3
Сумарна потужність електроприводу мішалок, кВт	2,2	2,2	2,2
Мотор-редуктор ЗМП-ЗІ, 5-71-145-320 УЗ-89: - число обертів вихідного вала, об/хв - число обертів мішалки, об/хв	 71 71	 71 71	 71 71
Температура димових газів при вході в димову трубу, °С	120 – 140	120 – 140	
Види палива	тверде (лузга)	тверде (лузга)	газ, мазут
Тиск пари в паровій сорочці, МПа	–	–	0,25 – 0,3
Обслуговуючий персонал, чол.	1	1	1
Габаритні розміри, мм - довжина - ширина	25530 1115 1625	3100 1450 2600	1200 1920

- висота			
Маса, кг	530	800	1000

Гвинтові інактиватори (рис. 5.25) застосовують в олійному виробництві для пропарювання м'ятки перед пресуванням форпресами та в лініях переробки сої на кормові та технічні цілі.

Основна вимога до їх конструкції – усунути налипання продуктів на робочі органи під час обробки. Це досягають застосуванням спарених шнеків *2* з протилежною навивкою, що обертаються в протилежних напрямках і знаходяться в зчепленому стані. Під час роботи гвинтів їх витки добре самоочищаються від налиплого продукту.

Корпус інактиватора зроблено у вигляді спареного жолоба *1* з паровою сорочкою зварної конструкції. Гвинти змонтовано на винесених з робочої зони підшипниках. Вали гвинтів в місцях входу з жолоба шнека проходять через сальникові ущільнення. В робочий простір інактиватора пару подають форсунки *6* під тиском 0,2 – 0,25 МПа. Форсунки з паровими колекторами розміщено з обох боків жолоба. Сопло на виході форсунки має діаметр 10 мм і плавно звужується в сторону колектора до мінімального діаметра 5 мм, що забезпечує рівномірне розпилювання пари в робочій зоні апарата.

Гвинти приводяться в обертання від електродвигуна *11* через редуктор і муфту.

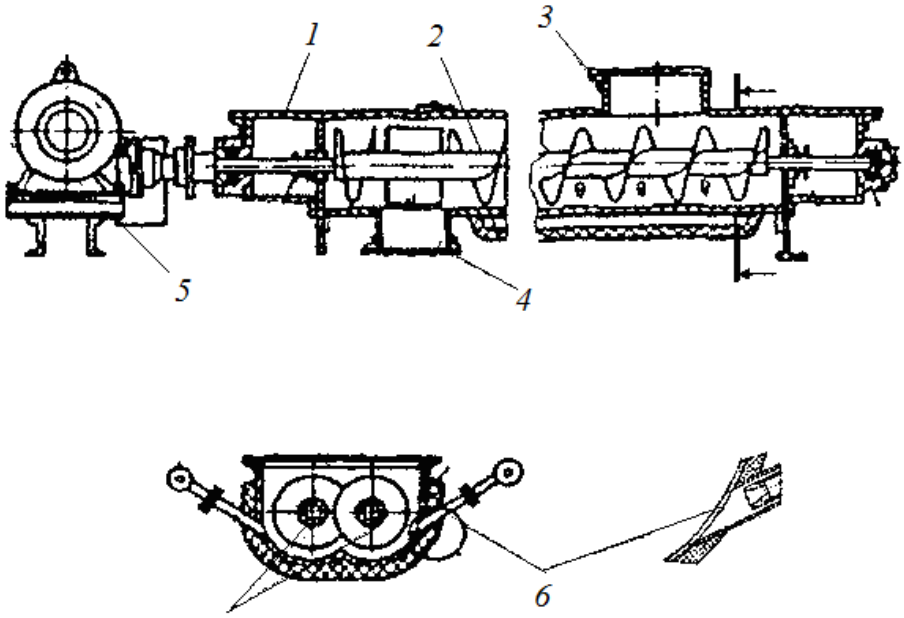


Рис. 5.25. Шнековий інактиватор:

1 – кожух; *2* – гвинт; *3, 4* – вхідний і вихідний патрубки; *5* – привід; *6* – форсунка

Під час роботи апарата м’ятка через живильний патрубок *3* у верхній частині кожуха безперервно подається в інактиватор, де парою гвинтів перемішується і транспортується до вихідного патрубка *4*. На своєму шляху м’ятка обробляється струменями гострої водяної пари, що виходять із форсунок. Кількість пари регулюють за допомогою вентиля в залежності від подачі м’ятки в апарат. Температуру пари на входів апарат підтримують в межах 180...200 °С при початковій температурі м’ятки 25...30 °С. На олійножирових заводах застосовують інактиватори продуктивністю 100...600 т за добу (див. табл. 5.18).

Таблиця 5.18

Технічна характеристика інактиваторів

Показники	Продуктивність, т/добу			
	100	200	400	600
Тривалість обробки, с	15	16	15	14

Частота обертання шнеків, хв	45	46	61	62
Кількість форсунок, шт	10	16	30	40
Потужність приводу, кВт	1,0	2,8	2,8	5,2
Габарити, мм				
довжина	3000	4150	4700	5170
ширина	800	965	900	1040
висота	400	540	600	780
Маса, кг	546	750	1320	1516

Контрольні запитання

1. Яка сутність проведення ГТО?
2. Які відомі Вам методи ГТО?
3. Як класифікують апарати для проведення ГТО?
4. Для чого виконують ГТО зерна на млинах?
5. Яке обладнання застосовують для холодного кондиціювання зерна?
6. Від яких геометричних параметрів залежить продуктивність шнекового зволожувача зерна?
7. Для яких цілей застосовують пропарювачі?
8. Для пропарювання яких культур на крупозаводах і комбікормових заводах застосовують горизонтальні пропарювачі?
9. Від яких геометричних параметрів залежить продуктивність пропарювачів зерна періодичної дії?
10. Яке застосовується обладнання для нагрівання і варіння, та які тепломасообмінні процеси відбуваються у продукті?
11. Для чого виконують гідротермічну обробку зерна при виготовлені гречаної ядриці?
12. Яке обладнання застосовують для гідротермічної обробки гречки при виготовлені крупи гречаної ядриці?
13. Навіщо підпарюють фуражне зерно на комбікормовому заводі при виготовлені комбікормів?
14. Яке обладнання входить в технологічну лінію комбікормового цеху комплексу ОКЦ-4?

15. Для чого виконують волого-теплову обробку м’ятки в олійному виробництві?

16. Яке обладнання застосовують для волого-теплової обробки м’ятки?

17. Як працює блок вогневих жаровень?

18. Як працює каскадна вогнева жаровня?

19. Як працює парова жаровня?

20. Від яких параметрів залежить продуктивність парової жаровні?

21. Для чого застосовують гвинтовий інактиватор?

22. Як працює гвинтовий інактиватор?

РОЗДІЛ 6
МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

6.1. Класифікація машин для подрібнення зерна

Подрібнення (помел) зерна – основна операція технологічного процесу виробництва борошна, крупи дробленої та комбікормів. Подрібнюють також ядро олійних культур перед волого-тепловою обробкою, віджиманням і екстрагуванням олії.

Важливою характеристикою процесу є ступінь подрібнення λ, що дорівнює відношенню сумарних площ поверхонь часточок подрібненого і не подрібненого зерна:

$$\lambda = \frac{S_0 + \Delta S}{S_0}, \qquad (6.1)$$

де S_0, ΔS – площа поверхні часточок (зернівок) не подрібненого і поверхні розділу, що утворилась в результаті подрібнення зерна відповідно

В залежності від ступеня подрібнення, помел умовно поділяють на грубий, середній і тонкий. Грубий (λ= 2...6) застосовують у виробництві сипких комбікормів, дерті та крупів, середній (λ = 20...24) – при виготовленні борошна, тонкий при λ = 120 – в олійному виробництві, $\lambda \geq 250$ - у виробництві гранульованих комбікормів.

Технологічну ефективність подрібнювачів зерна також оцінюють модулем подрібнення (середній розмір часточки), кривими розподілу частинок за їх характерним розміром і коефіцієнтом вилучення певної фракції з подрібненого матеріалу просіюванням на лабораторному розсіві.

У процесі подрібнення підведена енергія витрачається на подолання сил взаємного зчеплення частинок зернівки (на розрив структурних зв’язків між ними), в результаті яких утворюються нові поверхні і на пластичні деформації часточок. Причому частина енергії, що витрачається на деформацію, перетворюється в теплоту, зерно і робочі органи нагріваються. Нині не існує досконалої теорії

руйнування. Немає також загального теоретичного опису процесу подрібнення зернових продуктів. Існуючі теорії подрібнення орієнтовані в основному на визначення витрат енергії, оскільки на здійснення процесу її витрати значні (наприклад, при виготовленні борошна на процес подрібнення припадає 60...70 % від загальних витрат).

Згідно з поверхневою теорією Ріттінгера (1867 р.) робота під час подрібнення зерна витрачається на подолання молекулярних сил притягання, що діють на поверхні руйнування матеріалу. За цією теорією робота пропорційна поверхні, яка утворюється.

Об'ємна теорія дроблення, яка запропонована В. Л. Кирпичовим (1874 р.), передбачає, що підведена енергія ззовні витрачається на пружну деформацію матеріалу, яка випереджає його руйнування до досягнення граничної деформації. Матеріал далі руйнується за рахунок накопиченої внутрішньої енергії пружних деформацій часточок. Робота пружних деформацій, яка витрачається на руйнування, пропорційна об'ємній деформації матеріалу перед його руйнуванням.

Поверхнева теорія більшою мірою віддзеркалює процес руйнування продуктів з мікротріщинами та іншими дефектами дією сил зсуву і розтиранням, оскільки прикладеним навантаженням чинить опір переважно поверхня тіла або його перерізів. Об'ємна теорія ближча до подрібнення роздавлюванням, при якому тиск розподіляється,на більшу поверхню і практично весь об'єм тіла чинить опір руйнуванню. Обидві теорії певною мірою доповнюють одна одну, що відповідає теорії руйнування, яка запропонована П. А. Ребіндером. Згідно з нею витрачена на подрібнення матеріалу робота є сумою складників:

$$A = \sigma \Delta S + k \Delta V, \qquad (6.2)$$

де: перший доданок – це робота, що витрачається на утворення нових поверхонь ΔS;

другий доданок – це енергія об'ємної деформацій;

σ, k – коефіцієнти пропорційності, що дорівнюють питомій роботі, витраченій на утворення одиниці площі нової поверхні розділу і деформацію одиниці об'єму твердого тіла відповідно;

ΔV – деформований об'єм зернівок

Механічне подрібнення зернових продуктів здійснюється внаслідок взаємодії робочих органів і перероблюваної сировини. В місці контакту частинки продукту спочатку деформуються, а потім руйнуються або в напрямку найбільшої концентрації напружень, або по площинах,послаблених дефектами, наприклад, мікротріщинами, що утворились під час ГТО зерна. Тобто на руйнування використовується енергія, що витрачена попередньо на пружну деформацію часточок. У разі грубого подрібнення визначальним є другий доданок і витрата енергії практично пропорційна об'єму тіла, оскільки утворена поверхня незначна. У разі середнього і тонкого подрібнення переважає перший доданок, оскільки утворена поверхня велика і витрати енергії практично пропорційні їй.

Сортові помели зерна здійснюють у декілька етапів (від 6 до 21) послідовно, оскільки під час подрібнення утворюються частини різних розмірів. У зв'язку з цим після подрібнення здійснюють попередню класифікацію проміжних продуктів з відбором готової фракції, яка не потребує подальшого подрібнення. У разі грубого подрібнення процес включає один-три акти руйнування, у разі тонкого подрібнення – 100 і більше актів, причому матеріал значний час перебуває в зоні руйнування, що сповільнює процес. Цим фактом пояснюються на цей процес підвищені витрати енергії подрібнення порівняно з іншими.

Значний вплив на технологічні і енергетичні показники процесу подрібнення мають фізико-хімічні характеристики зерна. Як показав Г. А. Єгоров, під час гідротермічної обробки зерна теплом і вологою, міцність його зменшується завдяки утворення мікротріщин, а охолодженням до 17...20 °С – за рахунок зменшення пластичності.

Подрібнення матеріалу здійснюють в різних машинах. Відповідно всі подрібнювальні машини можуть бути класифіковані за ступенем подрібнення. Тобто їх поділяють на машини для грубого, середнього і Тонкого подрібнення. Різні фізико-механічні властивості

матеріалів, ступінь подрібнення і вид помелу потребують розроблення і застосування різних конструкцій подрібнювачів. Для розмелювання зерна застосовуються машини, які здійснюють подрібнення стиском і зсувом, перетиранням продукту та ударом, комбінованою дією перелічених чинників. За способом механічної дії розрізняють робочі органи: 1) валкові з дією на зерно стиском або комбінацією дій – стиском, зсувом і тертям; 2) жорнові – стиском і тертям; 3) дробарки ударної і ударно-розтиральної дії.

На сільськогосподарських переробних виробництвах найбільш поширені вальцьові верстати, жорнові посади, дробарки молоткові і пальцьові (рис. 6.1).

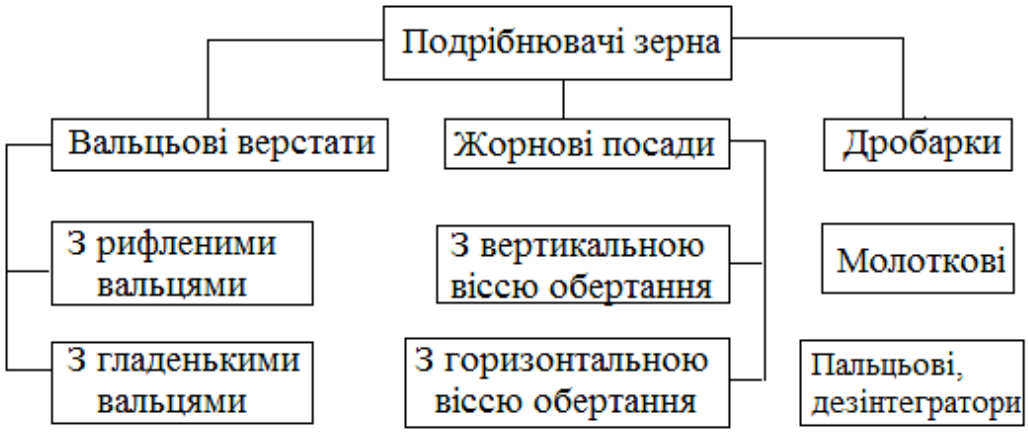


Рис. 6.1. Класифікація подрібнювачів

6.2. Дробарки молоткові зернові

У комплектних комбікормових заводах для здрібнювання компонентів в основному використовуються молоткові дробарки невеликої потужності (не більш 5-6 т/год) із пластинчатими молотками. Основні переваги цих дробарок – простота конструкції, ремонту й обслуговування. Принципова схема молоткової дробарки представлена на рис. 6.2.

Її робочі органи обертовий ротор *2* з парною кількістю (чотири або шість) пакетів *4* пластинчатих молотків, ситова обичайка *5* і

рифлена дека *3*. Колова швидкість молотків звичайно складає 70-100 м/с.

Частки матеріалу, що надходить у дробарку, при багаторазовому зіткненні з молотками і рифленою декою руйнуються в результаті деформацій стиску і зрушення.

Здрібнений продукт проходить через отвори ситової обичайки і виводиться з дробарки.

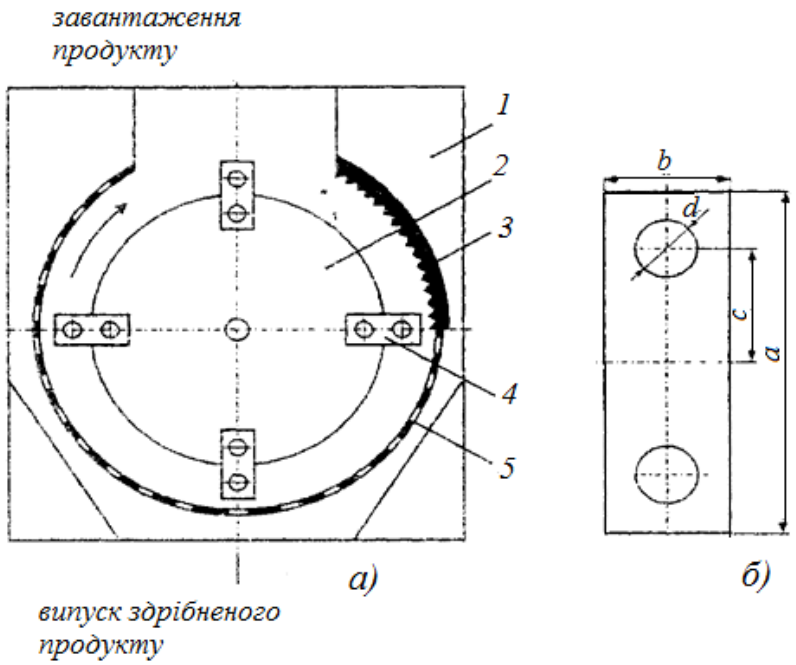


Рис. 6.2. Молоткова дробарка з пластинчастими молотками:

а – схема дробарки: *б* – схема пластинчатого молотка; *1* – корпус; *2* – ротор; *3* – рифлена дека; *4* – пакет молотків; *5* – ситова обичайка

Молоток дробарки прямокутної форми, має два отвори (рис. 6.2, *б*).

Товщина молотків у вітчизняних дробарках 2-3 мм. До переваг пластинчатих у порівнянні з іншими типами молотків можна віднести простоту виготовлення, можливість почергового використання всіх чотирьох кутових крайок. У деяких закордонних дробарках використовуються молотки товщиною до 6 мм.

Молотки дробарки швидко зношуються, тому для їхнього виготовлення застосовують марки сталі, що відрізняються підвищеною зносостійкістю, наприклад, сталь марки ЗОХГС і ЗОХГСА. Для того щоб ударні імпульси часток матеріалу, що подрібнюється, не передавалися від молотка до вала ротора і підшипникам, молоток варто врівноважувати на удар по наявних методиках.

У молоткових дробарках застосовують ситові обичайки з круглими отворами і лускаті (рис. 6.3).

Ефективність здрібнювання сипучих продуктів звичайно оцінюють за наступними показниками: питомої енергоємності, ступеня здрібнювання, гранулометричному складу продуктів здрібнювання.

Питому енергоємність визначають як відношення енергії, що витрачається на здрібнювання, до кількості здрібненого матеріалу (кВт · год/т).

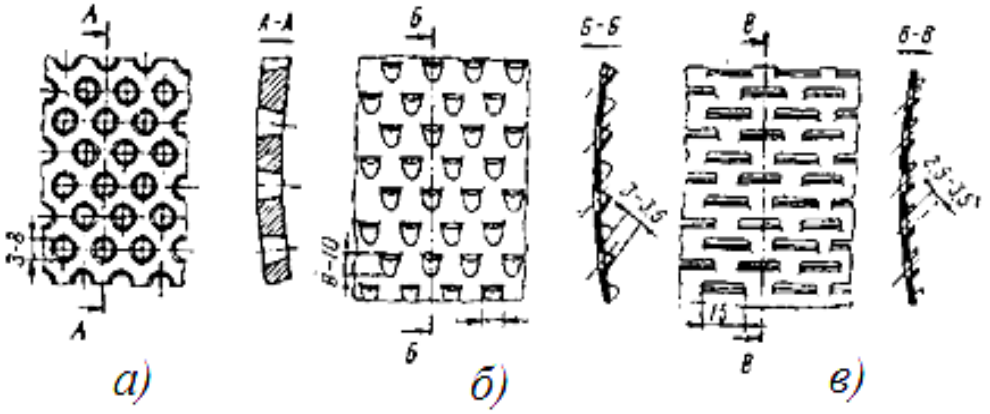


Рис. 6.3. Сита молоткових дробарок:

а – з отворами круглої форми; *б* – лускате з пробивними отворами овальної форми; *в* – лускате з пробивними отворами прямокутної форми

На комбікормових установках ступінь здрібнювання визначають на основі ситового аналізу.

По першому, найбільш простому способі продукт аналізують за допомогою двох сит:

- дрібний розмел – залишок на ситі з отворами діаметром 2 мм складає не більш 5 %, залишок на ситі з отворами діаметром 5 мм – відсутній;
- середній розмел – залишок на ситі з отворами діаметром 3 мм складає не більш 12 %. залишок на ситі з отворами діаметром 5 мм – відсутній;
- крупний розмел – залишок на ситі з отворами діаметром 3 мм складає не більш 35 %. залишок на ситі з отворами діаметром 5 мм – не більше 5 %.

В даний час для комбікормових заводів невеликої потужності, у тому числі комплектних, молоткові дробарки випускаються поруч машинобудівних заводів – нижній типорозмірний ряд машин цього типу.

Найпоширенішими є молоткові дробарки з шарнірно підвішеними молотками (рис. 6.4).

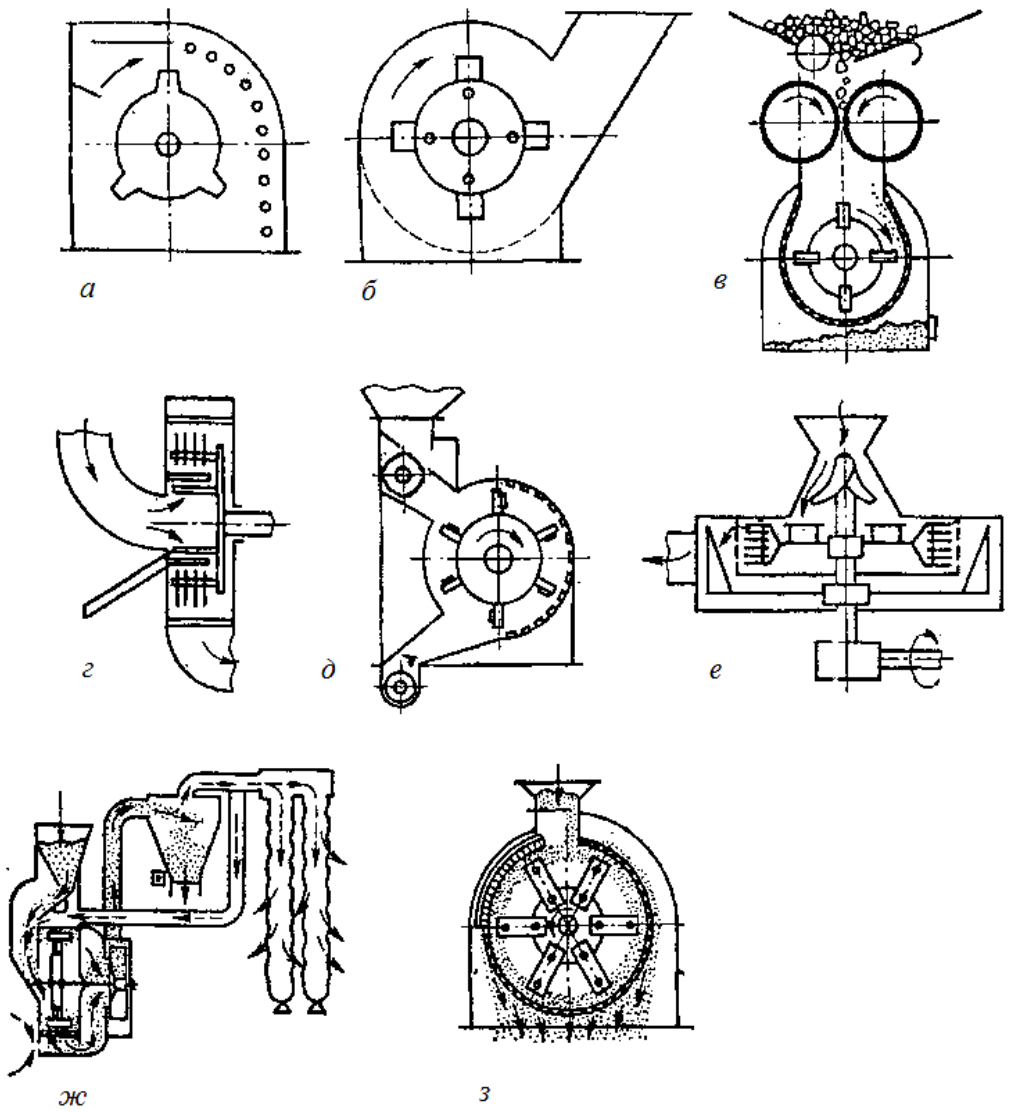


Рис. 6.4. Конструктивно-технологічні схеми молоткових дробарок:

а – відкритого типу; *б* – закритого типу; *в, г* – двостадійні; *д* – з жорстким кріпленням робочих органів; *е* – горизонтальна; *ж* – із замкненим повітряним потоком; *з* – із шарнірним кріпленням робочих органів

Молоткові дробарки типу А1-ДМ2Р. Хорольским механічним заводом випускаються дробарки моделі А1-ДМ2Р-22 і А1-ДМ2Р-55 продуктивністю відповідно 2,0-4,0 і 2.5-6,5 т/год. Це модернізовані моделі дробарок А1-ДМР. В основному, що безсумнівно позитивно, для надійності і довговічності машини знижене число оборотів ротора вдвічі шляхом переходу з двигунів з 3000 об/хв на 1500 об/хв. Крім того, удосконалений живильник дробарки, змінена конструкція корпуса, установлені більш зручні бокові дверці, що забезпечують

вільний доступ до ротора. На рис. 6.5 показаний пристрій (поперечний розріз) дробарок типу А1-ДМР, а на рис. 6.6 зовнішній вигляд модернізованих дробарок А1-ДМ2Р.

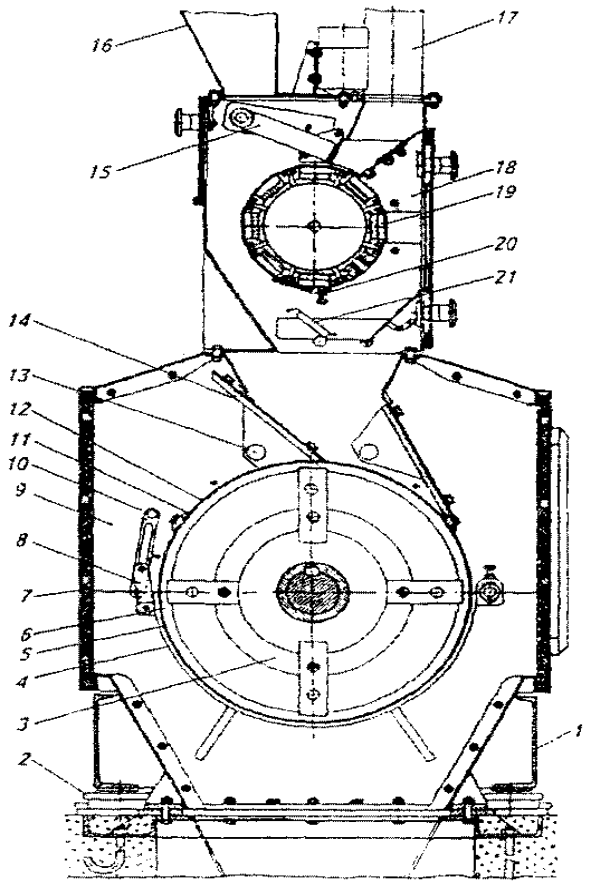


Рис. 6.5. Будова дробарок типу А1 –ДМ2Р:

1 – підстава; *2* — віброізольована опора; *3* – ротор; *4* – сталева стрічка; *5* – ситова обичайка; *6* – кільцевий виступ; *7* – дверцята; *8*, *10* – важелі; *9* – корпус; *11* – накладка; *12* – ситова вставка; *13* – напіввісь; *14* – дековий блок: *15* – секторна заслінка; *16* – вибухорозрядний пристрій; *17* – приймальний патрубок; *18* – живиль-ник; *19* – магнітний сепаратор; *20* – гнучкий шкребок; *21* – металозбірний магнітний блок

Підставка *1* дробарки (рис. 6.5) установлене на чотирьох віброізольованих опорах *2*. Корпус звареної конструкції *9* із двох сторін має великі люки, що закриваються поворотними дверцятами *7*, які заповнені звукоізолюючим матеріалом. Корпус установлений на

фундаменті незалежно від основи. Ротор *3* постачений чотирма пакетами пластинчатих молотків. Корпусу підшипників вала ротору кріплять до підстави. Електродвигун установлюють разом з валом ротора і з'єднують з ним муфтою, яка закрита огородженням. Ситова обичайка *5* притискається до кільцевих виступів *6* корпусу двома сталевими стрічками *4*. Стрічки натягають за допомогою важелів *8* і *10*.

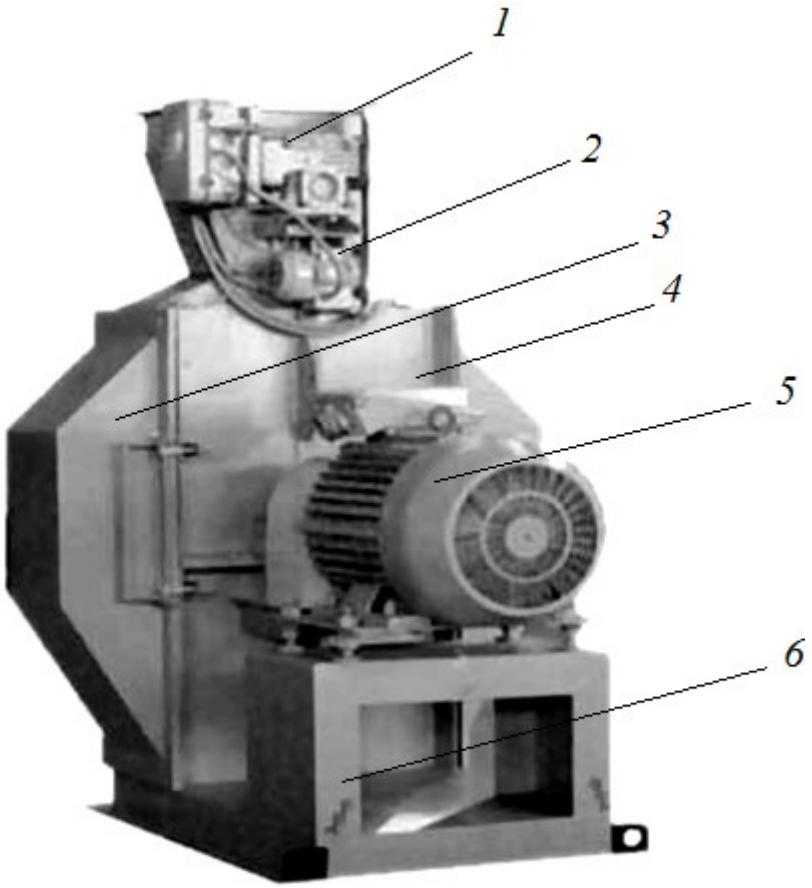


Рис. 6.6. Зовнішній вигляд дробарок типу А1-ДМ2Р:

1 – живильник; *2* – привід живильника; 3 – поворотні дверці; *4* – корпус; *5* – привідний електродвигун; *6* – станина

Над ротором у верхній частині корпусу дробарки розташовано два декових блоки *14*, що повертаються відносно нерухомих осей в залежності від напрямку обертання ротора в одне із двох положень.

Ситову вставку *12* установлюють під один з декових блоків в залежності від напрямку обертання ротора. Реверс ротора дробарки дозволяє вдвічі зменшити час на перестановку молотків після зношування їхніх кутових крайок (основної робочої частини).

Одна напіввісь *13* кожного декового блоку з'єднана з важелями повороту декових блоків, установленими на торцевих стінках корпуса дробарки.

Для закріплення ситової обичайки і ситової вставки в корпусі дробарки служить накладка *17*.

Живильник *18* призначений для рівномірної подачі продукту в зону здрібнювання і регулювання продуктивності дробарки. У живильнику розташований магнітний сепаратор *19* у виді обертового барабана, у який убудовані сім блоків плиткових оксидно-барієвих магнітів. Під барабаном установлений метало збірний магнітний блок *21*. Для зняття металомагнітних домішок з барабана служить підпружиненний гнучкий шкребок *20*, який скидає домішки на метало збірний блок. Якщо живильник установлений на окремій станині, його з'єднують з корпусом машини гнучкою вставкою щоб уникнути передачі вібрацій від ротора до живильника. Над живильником розташована вибухорозрядна труба *16*.

Між барабаном і приймальним патрубком *17* знаходиться секторна заслінка *15*. Механізм повороту заслінки дозволяє регулювати продуктивність дробарки в ручному й автоматичному режимах.

При реалізації дрібного помелу продуктивність дробарок А1-ДМ2Р-22 і А1-ДМ2Р-55 відповідно складає близько 2,0 т/год і 2,5 т/год і відповідає потужності середнього комплектного комбікормового заводу. В новому виконанні дробарок А1-ДМР остання цифра означає потужність приводного електродвигуна, що якісно характеризує продуктивність машини. Приблизно вважається, що на тонну продуктивності встановлюється 10 кВт потужності.

Діаметр ротора дробарок А1-ДМ2Р при модернізації збільшений, щоб витримати колову швидкість на рівні 90 м/с і забезпечити необхідну продуктивність. Поліпшено дизайн машини (рис. 6.6). Живильник *1* оснащений компактним мотором-редуктором *3*. Керування клапаном, що встановлює продуктивність у ручному

режимі, здійснюється штурвалом *2*. Знижено висоту і масу машини. Молоткові дробарки А1-ДМ2Р-22 А1-ДМ2Р-55 використовуються в комплектному комбікормовому заводі ККЗ-5 продуктивністю 5 т/год групою українських заводів (головний – Хорольский механічний завод), по основних параметрах зіставимо з розглянутим заводом тієї ж продуктивності Р1-БКЗ-5 «Мельінвеста», але має більш розвиту схему технологічного процесу за рахунок включення ліній підготовки солі і крейди, м'ясо-кісткового, рибного і трав'яного борошна. Завод оснащено багатокомпонентними вагами та ефективним змішувачем.

Основні параметри дробарок А1-ДМ2Р-22 і А1-ДМ2Р-55 приведені в загальній порівняльній характеристиці (табл. 6.1).

Робочий орган *15* дробарки *16* – ротор *2* складається з вала *5* і сталевих дисків *14*, осей *13*, розпірних втулок *15* і молотків *17*. Ротор перед установкою піддається динамічному балансуванню на спеціальному верстаті, з використанням електронних пристроїв. Вал ротора *5* обертається на сферичних роликопідшипникових опорах *4*. Молотки підбираються комплектно по вазі, в одному комплекті різниця у вазі не перевищує 10 г.

Таблиця 6.1

Технічна характеристика молоткових дробарок

Показники	**А1-ДМ2Р-55**	**А1-ДМ2Р-22**
Продуктивність, т/год при об'ємній масі 0,75 т/м^3 на ситах з отворами Ø, мм 6,3	6,0	4,0
5,0	-	-
4,0	4,5	2,0
3,0	2,5	-
Колова швидкість молотків, м/с	90	75
Площа ситової поверхні, м^2	0,85	0,63
Частота обертання ротора, об/хв.	1500	1500
Потужність електродвигуна приводу ротора, кВт	55	22
Габарити, мм: довжина ширина висота	 139 1400 2300	 1500 1240 2080

Маса без двигуна, кг	1335	1060

Дробарки Р1-БДК-М і Р1-БДК-5М продуктивністю відповідно 1,5-2,0 т/год і 4,0-5,0 т/год випускаються об'єднанням «Мельінвест» як для комплектних комбікормових заводів типу Р1-БКЗ, так і для самостійного використання в лініях здрібнювання зернових і інших компонентів.

Принципова будова дробарок приведена на рис. 6.7. Цей тип дробарок відноситься до машин з вертикальним валом і горизонтальним розташуванням молотків. Дека і ситова обичайка виконані у виді циліндра, що опоясує молотковий ротор. Дробарка відрізняється простотою конструкції й обслуговування. Ефективність таких дробарок ще недостатньо повно вивчена, оскільки в експлуатації знаходиться ще обмежена кількість машин.

Дробарка складається з корпуса *1*, кришки *2*, електродвигуна *3*, засувка з приводом *4* і пульти керування. На корпусі є боковий люк *5*, оглядове вікно *6* і патрубок приєднання вибухорозріджувача *7*. Ротор дробарки *8* закріплений безпосередньо на валу електродвигуна *3*. Заміна сит і молотків ротора дробарки виробляється через люк *5*.

Для підтримки оптимального режиму роботи двигуна на кришці дробарки змонтована засувка *4*, яка регулює кількість поданого на дробарку продукту. При зменшенні або збільшенні струму від оптимального значення засувка відкривається або закривається. Керування засувкою виконується з пульта. Вихідне зерно, яке потрапляє в камеру помелу молотками, із силою скидається на стінки сита до тих пір, поки гранулометричний склад часток не виявиться менше діаметра отворів сита і їх не викине в корпус дробарки. Здрібнене зерно через розвантажувальний отвір виводиться з дробарки в збірний конус і направляється далі за технологічною схемою. Основні параметри дробарки приведені в зведеній табл. 6.2. Дробарки комплектних комбікормових заводів «СКАРБ», ВНИИКП і інших виконані по класичному принципі, мають горизонтальний вал, що утворює з підвішеними молотками ротор, неприбуткову і ситову деку і принципово не відрізняються від раніше розглянутих.

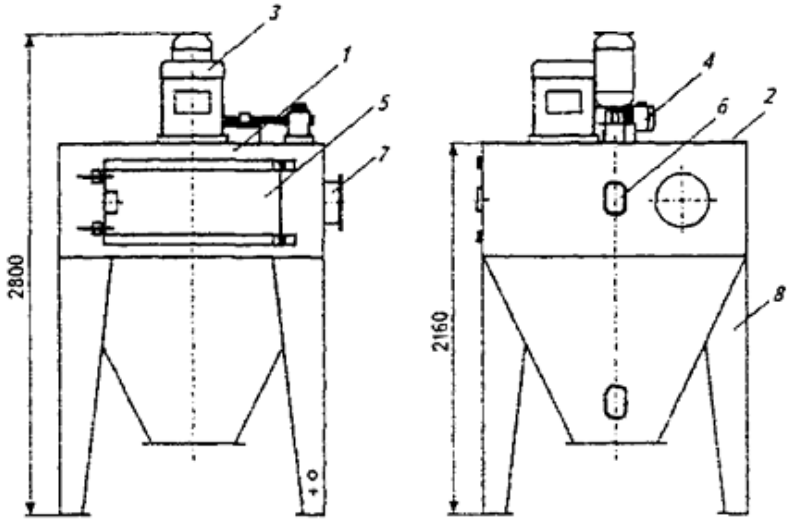


Рис. 6.7. Дробарки з вертикальним валом ротора Р1-БДК-М і Р1-БДК-5М:

1 – корпус: *2* – кришка; *3* – привідний електродвигун; *4* – засувка з приводом; *5* – люк; *6* – оглядове вікно; *7* – патрубок; *8* – станина

Таблиця 6.2

Основні параметри молоткових дробарок малої потужності

Показники	ДМ-2Р-22	ДМ-2Р-55	ДМР-6
Продуктивність, т/доб	2,0-4,0	2,5-6,5	4,0-6,0
Потужність приводного електродвигуна, кВт	23,0	55,0	55,0
Частота обертання ротора, об/хв	1500	1500	3000
Колова швидкість молотків, м/с	90	90	98
Площа ситової поверхні, $м^2$	0,85	0,85	0,69
довжина	1400	1590	1810
ширина	1150	1400	1170
висота	1950	2160	2720
Маса, кг	1060	1335	1900

Молоткові дробарки ДМ та ДДМ (рис. 6.8, табл. 6.3) застосовують для подрібнення зерна плівчастих і злакових культур, макухи, а також інших компонентів комбікормів. Дробарки

складаються з основи *2*, ротора *7*, правої *13* та лівої відкидних *8* кришок, живильника *11* та середньої час тини корпусу *3*. Кришки повертаються на осях, забезпечуючи вільний доступ до сита *17* і ротора *7*, а також швидку заміну сита і молотків *18*. На вал *5* ротора дробарки насаджені диски *15*, у отвори яких вставлені осі *16* з пакетами молотків. Вал ротора дробарки спирається на два роликових сферичних підшипники, встановлених у чавунних корпусах *4*; ротор приводиться в дію від електродвигуна *6* через муфту.

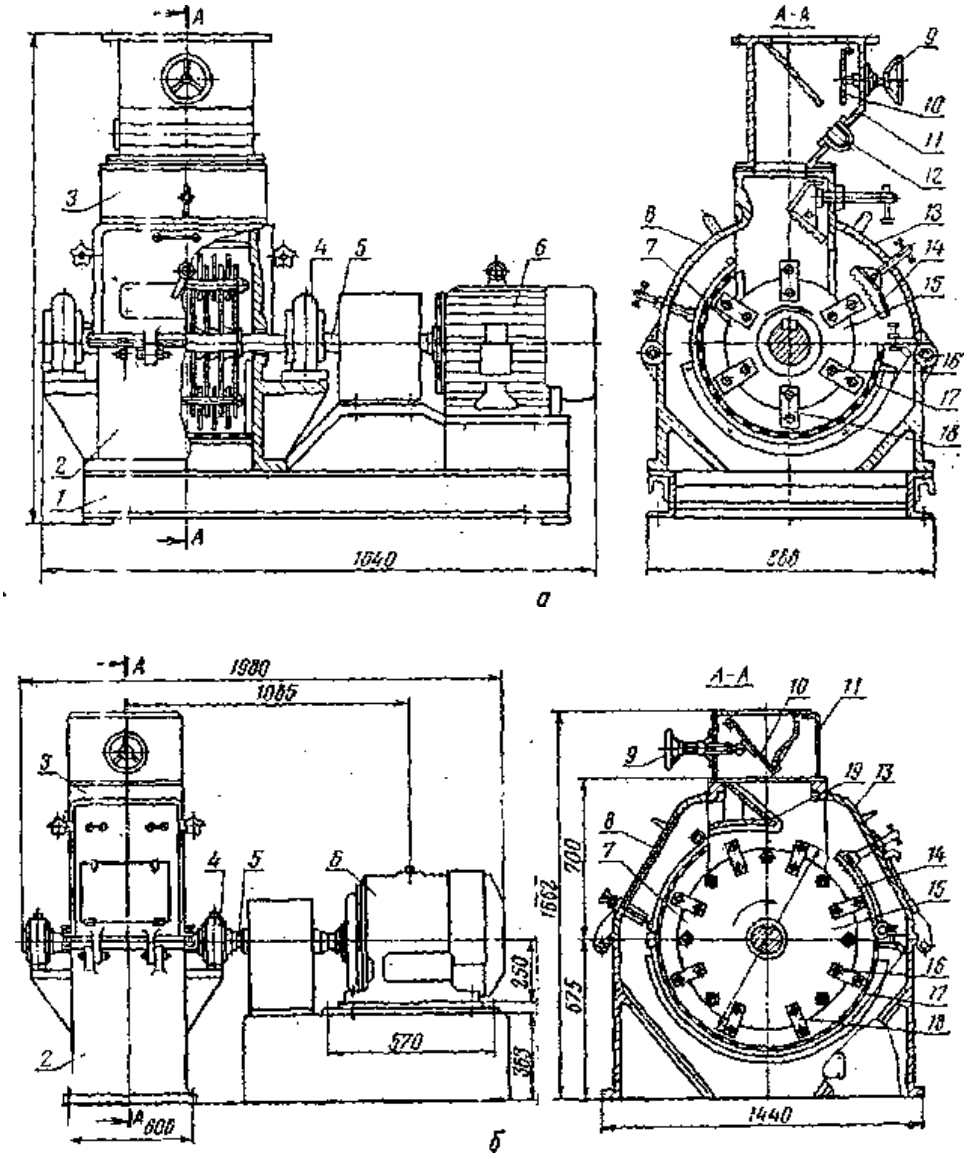


Рис. 6.8. Дробарки ДМ - (а), ДДМ - (б):

1 – рама; *2* – основа корпусу; *3* – середня частина; *4* – корпус підшипника; *5*

– вал; *6* – електродвигун; *7* – ротор, *8* – ліва відкидна кришка; *9* – маховик; *10* – заслонка; *11* – живильник: *12* – магнітний захист; *13* – права відкидна кришка; *14* – дека; *15* – диск; *16* – вісь; *17* – сито; *18* – молоток; *19* – перегородка

Таблиця 6.3

Технічна характеристика дробарок

Показники	ДМ-2Р-22	ДМ-2Р-55	ДМР-6	ММ-70	БДК-М	БДК-5М
Продуктивність, т/доб	2,0-4,0	2,5-6,5	4,0-6,0	2,8-4,2	1,5-2,0	2,5-5,0
Потужність приводного електродвигуна, кВт	23,0	55,0	55,0	55,0	15,0	37,0
Частота обертання ротора, об/хв	1500	1500	3000	1500	1500	1500
Колова швидкість молотків, м/с	90	90	98	90	80	80
Площа ситової поверхні, $м^2$	0,85	0,85	0,69	0,76	-	-
Габарити, мм:						
довжина	1400	1590	1810	1700	1500	1500
ширина	1150	1400	1170	1400	150	1500
висота	1950	2160	2720	2360	2700	3200
Маса, кг	1060	1335	1900	1945	500	1000

У середній частині корпусу дробарки ДМ знаходиться дека *14*. Поперечний уступ і схил основи деки служать для спрямовування руху продукту і сторонніх домішок. У середній частині корпусу дробарки ДДМ цю роль виконує чварна перегородка *19* (схил).

Простір між основою деки і внутрішньою поверхнею правої кришки є збірником для сторонніх домішок, що потім періодично видаляють із дробарки. Зміною положення деки відносно ротора, добиваються найбільш ефективного дроблення продукту й вловлювання домішок.

У лівій кришці *5* на направляючих кутниках встановлене і закріплене гвинтами до неї сито. У корпусі також установлено сито, що притискається сталевими стрічками до направляючих кутників. Натяг і ослаблення стрічки – автоматичне, під дією сили ваги правої від-

кидної кришки. На ній із двох сторін закріплені болти, що при закритому положенні кришки діють на кронштейни, шарнірно закріплені на кронштейнах корпусу. Повертаючись, кронштейни захоплюють за собою ексцентрики, які натягають сталеві стрічки, притискуючи сита.

В середній частині корпусу дробарки ДМ встановлено живильник *11* з магнітним захистом *12*, який призначений для вловлювання дрібних металомагнітних домішок. Дробарка ДДМ оснащена гравітаційним живильником *11* без магнітного захисту. Живильник *11* здійснює рівномірну подачу продукту в зону дроблення. Навантаження змінюють за допомогою заслінки *10* вручну, повертаючи маховик *9*.

Дробарки комплектують ситами з круглими отворами діаметром 3 та 5 мм і лускатими отворами із шириною відгину 1,5 і 2,0 мм.

Реверсивна дробарка А1-БД2-М (рис. 6.9) призначена для подрібнення зерна злакових і плівчастих культур, а також шротів і кускової макухи на комбікормових заводах і в кормоцехах ферм.

Дробарка має литу основу *5*, відкидну кришку *2*, живильник *3* з магнітним захистом, ротор з молотками *1*, вбудований вентилятор *7*, пневматичний приймач *6* і електродвигун *4*. Молотковий ротор – основний робочий орган дробарки. Він складається з двох дисків, стягнутих спеціальними болтами, між якими на осях встановлено шість пакетів молотків. Крайній диск має цапфу, за допомогою якої з'єднується з привідним валом електродвигуна. Між несучими дисками ротора встановлено колесо вентилятора із шістьма лопатками. На суцільній стінці основи зроблена проточка, у яку вставляють сита. Дробарку комплектують ситами з отворами діаметром 5,4 і 3,0 мм. До стояка за допомогою петель шарнірно кріплять відкидну кришку з приймальним патрубком. Кришку встановлюють у робоче положення за допомогою маховика.

У верхній частині дробарки змонтовано живильник з магнітним захистом, що складається з блоків магнітів, жорстко закріплених на осі екрана, шарнірно встановленого на цій же осі важеля з вантажем.

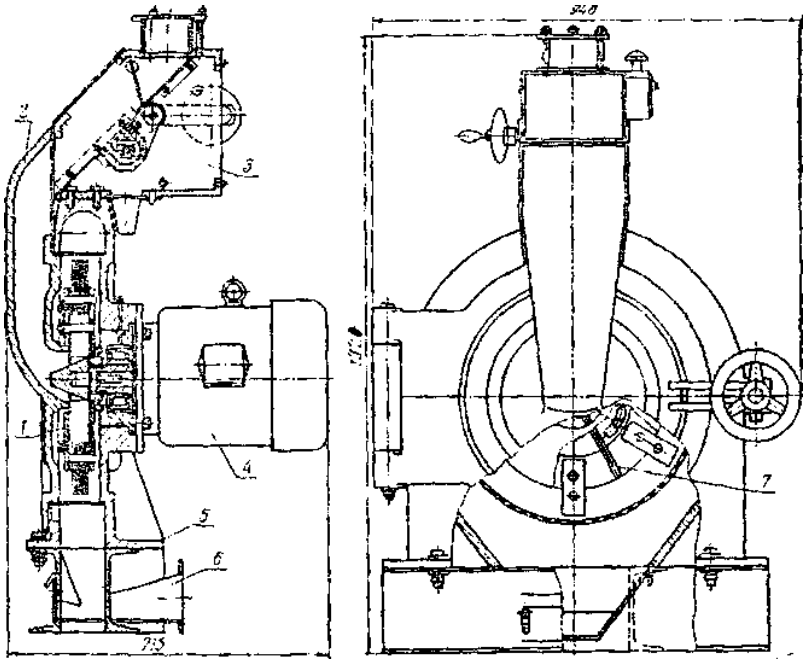


Рис. 6.9. Дробарка А1-БД2-М:

1 – ротор з молотками; *2* – відкидна кришка; *3* – живильник; *4* – електродвигун; *5* – основа; *6* – пневмоприймач; *7* – вентилятор

Для очищення магнітів від домішок перекривають подачу продукту, повертають важіль з противагою проти годинникової стрілки до упора. При цьому блок магнітів і екран займають перпендикулярне положення, магнітне поле перестане діяти на екран. Під дією сили гравітації металомагнітні домішки падають у збірник. Потім важіль з вантажем повертають у робоче положення.

Продуктивність дробарки регулюють зміною зазору між заслінкою і піддоном за допомогою рукоятки і гвинтової пари.

Видаляти продукти подрібнення з дробарки можна як пневматичним, так і механічним транспортом При застосуванні пневматичного транспорту до стояка дробарки приєднують пневмоприймач, що складається з рами, колектора із заслінкою для відсмоктування повітря. Продукт по самопливній трубі направляють у живильник дробарки, де він очищається від феродомішки і по приймальному патрубку надходить на лопатки вентилятора, що розподіляють його на шість рівномірних потоків У камері подрібнення, що утворена торцевою стінкою стояка, кришкою і ситом, під впливом молотків продукт

подрібнюється, просіюється ситом і виводиться з дробарки.

Молоткова дробарка ДДК (рис. 6.10, табл. 6.4) призначена для подрібнення мікроелементів, антибіотиків і вітамінів. Дробарка встановлена на одній станині з електродвигуном. У комплект дробарки входить також циклон-вивантажувач з фільтром.

У чавунному корпусі *1* змонтовані на одному валу ротор *2* з молотками і крильчатка вентилятора. Знімне сито *7* і гофрована дека *10* утворюють робочу камеру, у якій подрібнюється компонент. Наявність кришки і консольне розташування ротора дозволяють легко і швидко заміняти молотки, сита, а також очищати робочу камеру.

Зверху на корпусі змонтовано приймальний бункер *13*, у якому встановлена засувка *14* для регулювання кількості матеріалу, що подають в дробарку. Під бункером в латунній коробці змонтовано магнітний уловлювач з постійними магнітами.

Для підсмоктування повітря в передній стінці корпусу зроблені отвори з регульованою заслінкою. Ротор дробарки приводиться в дію одночасно з крильчаткою вентилятора від електродвигуна через клинопасову передачу.

Матеріал з приймального бункера *13* самопливом проходить через магнітний уловлювач *11*, каналом у корпусі дробарки і надходить у зону подрібнення. У ній під дією молотків він подрібнюється: минувши сито *7* здрібнені частки підхоплюються повітрям і вентилятором *4* нагнітаються в циклон-вивантажувач. З циклона компоненти через затвор виводяться назовні, відпрацьоване повітря повертається в дробарку або частково, через фільтр, випускаються назовні. Для регулювання потоків повітря служить заслінка, розташована в патрубку над циклоном-вивантажувачем. Кількість засмоктуваного вентилятором повітря регулюють змінюючи величину щілини в передній стінці корпусу дробарки.

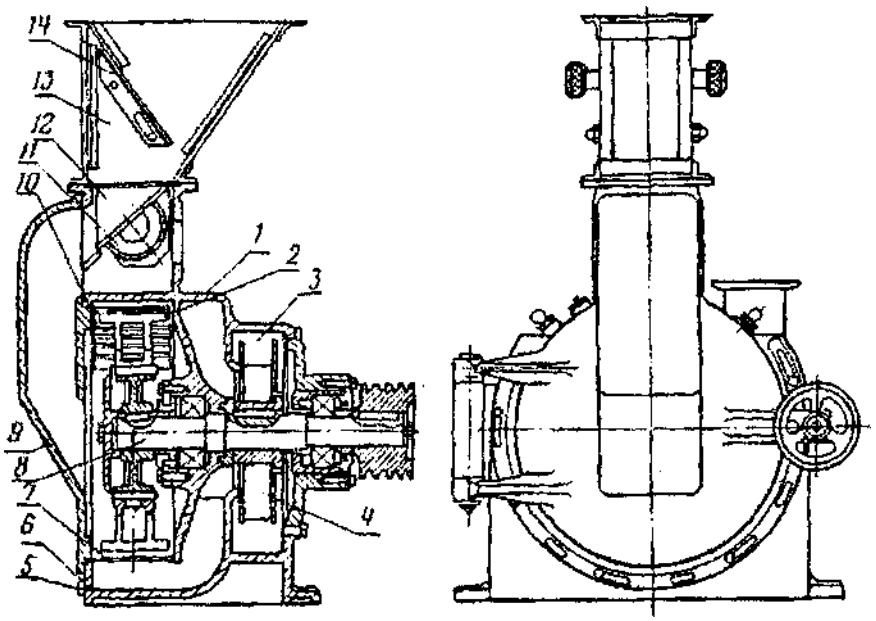


Рис. 6.10. Дробарка ДДК:

1 – корпус; *2* – ротор; *3* – камера вентилятора, *4* – вентилятор; *5* – отвір для підсмоктування повітря в камеру вентилятора; *6* – заслінка; *7* – сито; *8* – вал; *9* – кришка; *10* – дека; *11* – магнітний уловлювач; *12* – коробки; *13* – бункер; *14* – засувка

Таблиця 6.4

Технічна характеристика дробарки ДДК

Продуктивність, кг/год	80…100
Колова швидкість молотків, м/с	75
Потужність електродвигуна, кВт	7
Площа ситової поверхні, м^2	0,063
Число рукавів фільтра	3
Площа фільтруючої поверхні, м^2	2
Витрата повітря, м3/год	180
Габаритні розміри, мм:	
довжина	1500
ширина	1200
висота (з циклоном і фільтром)	4000
Маса, кг	325

Безситову дробарку А1-ДДШ (рис. 6.11) застосовують для

тонкого подрібнення усіх видів зернових та олійних культур, шроту, макухи, мінеральних добавок. Її робочі органи – нерухомий і рухомий диски з пальцями.

У передній стінці корпусу дробарки зроблено люк, що закривається кришкою, а з протилежної сторони встановлено підшипник привідного валу *10*. Живильник з магнітним захистом *5* установлено зверху корпусу. У живильнику змонтовано дві заслінки: одна для регулювання подачі компонентів, а друга для припинення подачі матеріалу в дробарку. Під магнітним уловлювачем, що складається з дев'яти магнітів, екрана, упорів і важеля з противагою, установлено збірник для ручного видалення металомагнітних домішок.

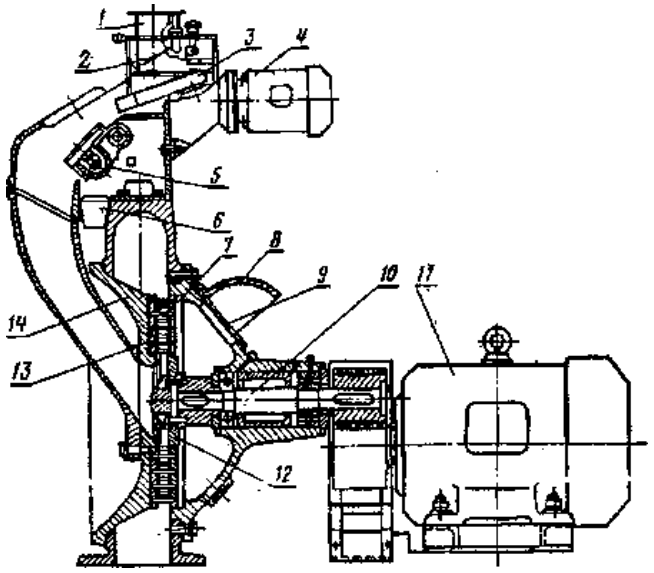


Рис. 6.11. Безситова дробарка А1-ДДШ:

1 – патрубок; *2* – заслінка; *3* – лоток; *4, 11* – електродвигуни; *5* – магнітний уловлювач; *6* – металозбірник; *7* – дробильна камера; 8 - козирок; 9 - решітка; 10 - вал; 12, 13 - рухомий і нерухомий штифтові диски; 14 – крильчатка

Камеру подрібнення утворюють рухливий *12* і нерухомий *13* диски. На дисковому роторі з нержавіючої сталі передбачено установка штифтів в кількості: 276, 187 і 139, а на нерухомому диску – 320, 210 і 158. На нерухомому диску передбачені отвори для установки штифтів і кришки.

На середині нерухомого диска *13* дробарки зроблено отвір діаметром 262 мм для надходження подрібнюваного матеріалу в робочий простір. Вал діаметром 70 мм призначений для привода ротора, його разом із двома підшипниками встановлено у спеціальних корпусах, прикріплених до дробарки. На один кінець вала насаджена втулка, до якої кріплять дисковий ротор, на другий – шків. У корпусі передбачено отвір, закритий решіткою *9* і козирком для підсмоктування повітря і подачі його в камеру дроблення. Ротор разом з корпусом вала *10* утворює кільцеве сопло, через яке крильчатка *14* подає повітря для охолодження подрібненого матеріалу. Подрібнений продукт видаляється з машини пневмотранспортом.

6.3. Вальцьові подрібнювачі

Вальцьові верстати на комплектних млинах є основними подрібнювальними машинами. У якості додаткових подрібнювальних систем на млинах з розвиненим технологічним процесом використовуються ентолейтери й деташери, а на обробці сходових продуктів вимелювальні машини. На комплектних млинах продуктивністю до 20 т/добу використовуються малогабаритні верстати типу ВМ2-П, ВС, ВСК та ін. Як правило, діаметр валків на цих верстатах становить не менш 185 мм, а довжина коливається від 400 до 250 мм. Оптимальним діаметром валка у верстатах вважається 250-300 мм. Зменшення його знижує ефективність подрібнювання і якість кінцевих продуктів. На комплектних млинах нижнього ряду по продуктивності змушені із цим миритися з міркувань загальних габаритів і компактності установок, На. комплектних млинах продуктивністю 20 т/добу й вище застосовують верстати з валками аналогічно промисловим млинам - переважно діаметром 250 мм і всіх типорозмірів по довжині 600, 800 й 1000 мм. Однак у верстатах допускаються деякі спрощення при збереженні основної бази. Ці спрощення звичайно стосуються рівня автоматизації верстата, а іноді й деяких механізмів.

Вальцьовий верстат ВМ2-П (рис. 6.12). Верстат двосекційний з напівавтоматичною системою керування, призначений для

здрібнювання зернопродуктів на борошномельних заводах малої потужності, підприємствах сільськогосподарського типу й агрегатних млинів.

Верстат ВМ малогабаритний складається зі станини *5*, вальців *4* та *6* із зубчастою передачею *15*, живильних валиків *8*, механізму *9* регулювання живлення, механізмів *16* та *14* вирівнювання й настроювання рухомого вальця з амортизатором *13*. механізму *12* відвала рухомого вальця, живильної коробки *11* із трубою, щитка *10* живильної коробки із системою важелів, пневмоприймача (бункера для виводу продукту) *1*, щіток *2*, нижньої *3* і верхньої *7* дверцят, капота, привода, приладів пуску й блокування.

Розмелючий валець виконаний у вигляді чавунного робочого барабана, зовнішня поверхня якого вибілена, і двох сталевих півосей, запресованих у барабан. Вальці в станині встановлені на роликових підшипниках, швидкообертальний валець змонтований у нерухомих опорах; повільнообертальний може переміщатися, що забезпечує регулювання зазору між вальцями, привал і відвал вальців і проходження між ними твердих сторонніх предметів. Очищають вальці щітками.

Розмелюючі вальці налагоджують на паралельність черв'ячно-гвинтовими механізмами. Один оберт маховика відповідає зближенню вальців на 0,28 мм. Паралельне зближення (доведення) вальців проводять ексцентриковим механізмом. Один оберт маховика відповідає зближенню вальців, що мелють, на 0,072 мм.

Тяга підшипників рухомого вальця має запобіжний штифт, що зрізується при проходженні між вальцями предметів розміром більше 8 мм. При проходженні менших предметів підшипники відхиляються через амортизацію пружин.

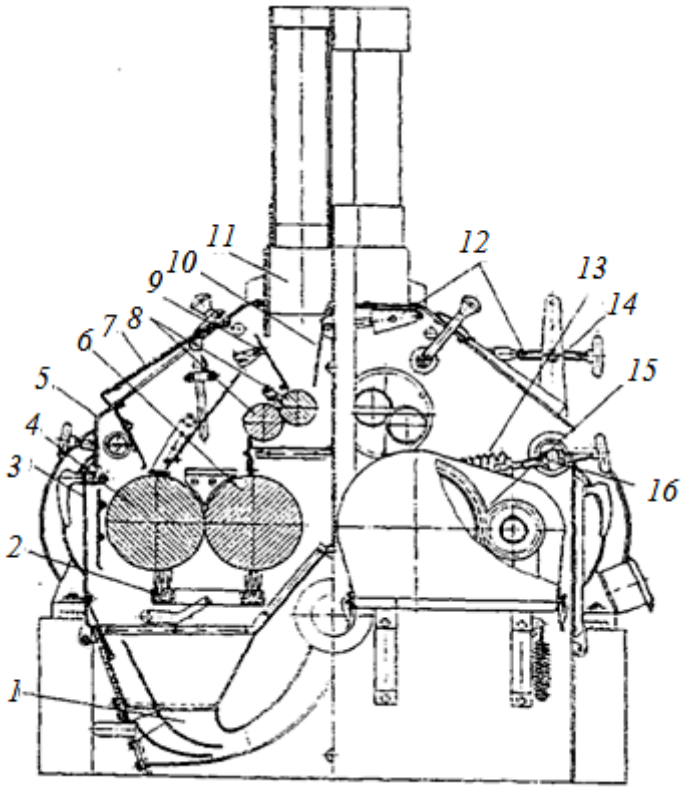


Рис. 6.12. Вальцьовий верстат ВМ2-П:

1 – пневмоприймач; *2* – щітка; *3* – нижні дверцята*: 4* – швидкообертальний валець; *5* – станина; *6* – повільнообертальний валець; *7* – верхні дверцята; *8* – живильні валики; *9* – механізм регулювання живлення; *10* – щиток-датчик*; 11* – живильна коробка*; 12* – механізм відвала рухомого вальця; *13* – амортизатор; *14* – механізм настроювання рухомого вальця; *15* – зубчаста передача; *16* – механізм вирівнювання рухомого вальця

Живильний механізм верстата двовалковий. Діаметри розподільного та дозуючого валиків 70 мм. Валики мають таку ж нарізку на робочих поверхнях, що й валики верстатів типу ЗМ. Щілину між заслінкою і дозуючим валиком регулюють рукояткою. Закриття й відкриття заслінки зблоковані з механізмом відвала.

Під кожною парою вальців установлений бункер, що закінчується пневмоприймачем, що з’єднаний з вихідною трубою. У бункері змонтований датчик. У випадку завалу він автоматично виключає електродвигун. На передній стінці верстата внизу перебувають важелі, за допомогою яких можна регулювати заслінки пневмоприймача.

Верстат може бути використаний на підприємствах з механічним транспортом продуктів. Для цього конструкцією передбачена можливість заміни бункера. Бічні труби для відводу продукту в цьому випадку служать для аспірації.

Механізм відвала виконує наступні операції: відвал рухомого вальця, пуск і зупинку живильних валиків, закриття й відкриття силової щілини.

Механізм відвала влаштований у такий спосіб. У верхній приймальній частині верстату на двох підшипниках установлений щиток *6* (рис. 6.13), що є датчиком механізму. При відсутності продукту в трубі щиток під дією вантажу *5* піднятий у верхнє положення.

Коли продукт надходить у приймальну трубу, відбувається нагромадження його на щитку, що під дією маси продукту опускається, переборюючи момент відвантаження. Він переміщається нагору разом з важелем *9*, піднімає штир *10*, даючи можливість важелю *11* під дією пружини *12* повернутися проти годинникової стрілки в робоче положення. Таке положення важелів відповідає моменту перед привалом вальців.

Привал вальців, включення живильних валиків і відкриття щілини здійснюють, натискаючи на рукоятку важеля *22*. Він, повертаючись на осі й переборюючи опір пружини *15*, переміщає вал-тягу *7* у крайнє праве положення до зачеплення важелів *13* та *11*. Важіль *13*, повертаючись проти годинникової стрілки разом із втулкою *14* і валиком *3*, дозволяє пружині *7* через важелі *2* і *4* підняти заслінку *5* у верхнє положення і відкрити щілину. Одночасно із цим важіль *13*, переміщаючись вправо, звільняє важіль *15*, що повертається під дією пружини навколо осі й переміщає напівмуфту *11* до зачеплення з постійно обертовою напівмуфтою *16*. У результаті цього обертання передається живильним валикам.

Відвал вальців відбувається автоматично при припиненні подачі продукту у верстат. У цьому випадку вантаж опускається вниз і через штир *10*, закріплений на важелі *9*, діє на кінець важеля *11*. Він, повертаючись по годинниковій стрілці, виходить із зачеплення з важелем *13*. Вал-тяга *7*, повертаючись під дією пружини в крайнє ліве

положення, здійснює одночасно відвал вальців, вимикання живильних валиків і закриття силової щілини.

Верстат приводиться в дію через сполучні пальцеві муфти або клиноремінну передачу від електродвигунів, змонтованих з однієї сторони верстата на спеціальній рамі або на підлозі. Всі обертові частини верстата закриті капотом, що знімається.

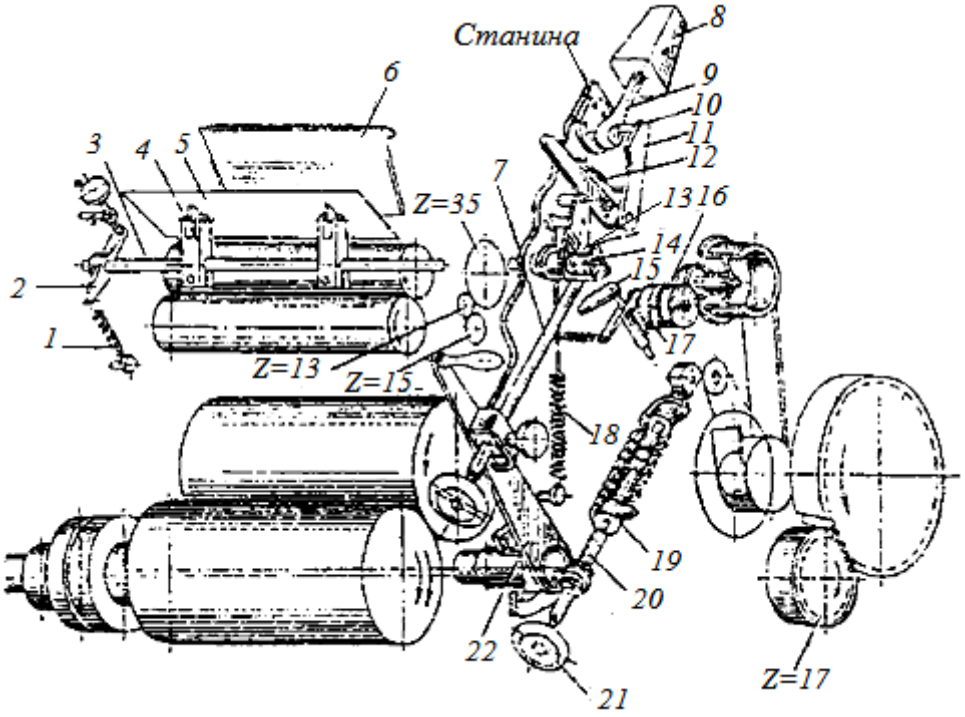


Рис. 6.13. Схема керування вальцьового верстата ВМ2-П:

1, 12, 18 – пружини; *2, 4, 9, 11, 13, 15, 22* – важелі; *3* – валик; *5* – заслінка; *6* – щиток-датчик; *7* – вал-тяга; *8* – вантаж; *10* – штир; *14* – втулка; *16, 17* – напівмуфти; *19* – амортизатор; *20* – гвинт; *21* – маховик

Продукт, надходячи у приймальну частину верстата, відхиляє заслінку і попадає на дозуючий валик, що, обертаючись, захоплює продукт рифленою поверхнею й передає його на розподільний валик. Він розподіляє продукт рівномірно по довжині щілини. Обертаючись на зустріч один одному з різними коловими швидкостями, вальці захоплюють продукт, подрібнюють його й подають у бункер. З нього продукти розмелу відводять пневмотранспортом через труби

діаметром 75 мм, розташовані з бічних сторін верстата, або самопливом через збірні бункери, які встановлюються замість пневмоприймачів.

Вальцьові верстати А1-БЗН використають на комплектних млинах продуктивністю 20 т/добу і вище. Від промислових верстатів, які в цей час є найпоширенішими на вітчизняних підприємствах, вони відрізняються відсутністю системи водяного охолодження й деяким спрощенням окремих механізмів. Вальцьові верстати цього типу докладно розглянуті в літературі, тому коротко зупинимося на пристрої і основних технічних параметрах. Вальцьовий верстат А1-БЗН (рис. 6.14) складається з наступних основних вузлів: вальців, що мелють; механізмів настроювання й паралельного зближення вальців; системи привалу-відвала вальців; приймально-живильного пристрою; станини. Основними робочими органами верстата є вальці, що мелють, які виконані у вигляді бочки із запресованими в неї по обидва боки цапфами. Твердість поверхні бочок для рифлених і гладких вальців відповідно становить 490-530 й 450-490 НВ. Бочки й цапфи порожні. Глибина верхнього вибіленого шару 10-12 мм. Вальці встановлені парами в обох половинах верстата. Лінія, що з'єднує центри торцевих окружностей вальців, утворить кут 30° з горизонталлю. Зі зменшенням цього кута поліпшуються умови живлення вальцьової пари й збільшується коефіцієнт заповнення зони здрібнювання. В раніше випускаючих вальцьових верстатах, цей кут становив 45°, а в перспективних моделях вальці встановлюються по горизонталі. Маса порожнього вальця при довжині 1000 мм 270 кг, приблизно на 30% менше цільного.

Бочки вальців відливають із чавуну на відцентровій ливарній машині. Діаметр внутрішньої порожнини бочки 158 мм. З обох кінців бочки запресовані цапфи, діаметр запресовуючої частини 160 мм. Шийка цапфи має три частини: перехідну циліндричну діаметром 100 мм, опорну, що складається із циліндричної й конічної частин (075-80 мм), і кінцеву циліндричну 065 мм. На конічній частині цапфи встановлені підшипники, а кінцева циліндрична служить для насадки привідного шківа або шестірні міжвальцевої передачі.

Для затягування підшипників на кінцях опорної шийки вальця передбачене різьблення для гайок.

У комплектних млинах верстати А1-БЗН застосовуються без охолоджувальної системи, тому в цапфах отвору для трубок підведення води відсутні.

На торцях вальця у взаємно перпендикулярних напрямках є чотири отвори діаметром 18 мм і глибиною 70 мм. При динамічному балансуванні вальців на спеціальному верстаті в ці отвори закладають свинцеві балансувальні вантажі масою 10 г кожний. Після чого отвори закриваються сталевими заглушками. Гранично припустимий, дебаланс у зоні кожного торця не повинен перевищувати 500 г·см.

Демонтують підшипники за допомогою гідравлічних знімачів. Номінальні розміри бочок 250×1000×800 та 600 мм.

Радіальні та осьові навантаження, що діють на рифлені вальці при здрібнюванні продукту, приймають підшипники. Нижній валець кожної половини верстата може переміщатися відносно верхнього. Це дає можливість регулювати величину зазору між вальцями, а також забезпечує миттєвий відвал нижнього вальця при припиненні подачі продукту, що дозволяє уникнути небезпечної роботи вальців «рифлень по рифленням». Корпуси рухливих підшипників мають рознімні кришки. Один з корпусів цих підшипників сполучається із цапфою через ексцентрикову втулку, обертанням якої змінюють взаємне розташування вальців і регулюють їхню паралельність.

У корпусах встановлені роликові сферичні дворядні підшипники підвищеної точності, внутрішні обойми яких посаджені на конічну шийку цапфи.

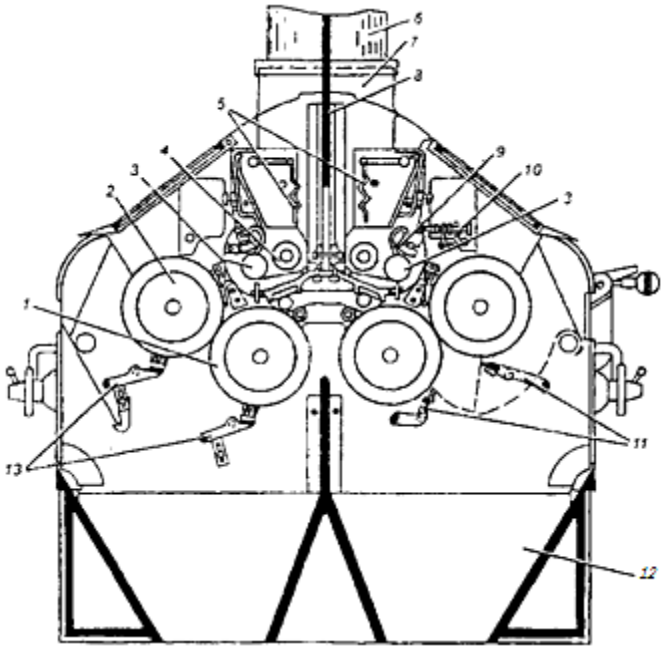


Рис. 6.14. Схема вальцьового верстата А1-БЗН:

1, 2 – вальці, що розмелюють; *3* – дозуючий валок механізму подачі продукту; *4* – шнек механізму подачі продукту; *5* – шторки-датчики; *6* – труба приймальна; *7* – горловина; *8* – чутливий елемент сигналізатора рівня; *9* – заслінка; *10* – регулятор живильного зазору; *11* – ножі-очисники; *12* – бункер випускної; *13* – щітки очисники

Привід вальцевої пари здійснюється від електродвигуна через клиноремінну передачу на швидкий (верхній) валок. Із протилежної приводу сторони вальці з'єднуються міжвальцевою зубчастою передачею (редуктором). У сучасних верстатах все частіше в якості міжвальцевої передачі застосовуються пасові передачі із плоскозубчастим ременем, які відрізняються малою шумністю й не вимагають переналагодження зубчастої передачі у зв’язку зі зношуванням вальців.

Крутний момент від електродвигуна передається на ведений шків, що встановлений на правій цапфі верхнього швидкообертального вальця й закріплений клиновою шпонкою.

Передбачено два варіанти установки електродвигунів верстата: безпосередньо на перекритті, де встановлений вальцьовий верстат, і під перекриттям на спеціальній площадці. Міжвальцева передача

являє собою редуктор, що складається з двох косозубих шестерень шириною 55 мм. Кут нахилу зубів 16° 10°, нормальний модуль 6, а кут зачеплення 15°. Підбирають шестірні після перенарізки вальців відповідно до зменшуваної міжцентрової відстані.

Настроювання вальців на паралельність виробляються двома механізмами гвинтового типу, сполученими з механізмом паралельного зближення. Механізм настроювання паралельності вальців (рис. 6.15) включає штурвал *11*, при обертанні якого по годинниковій стрілці гвинт *2* пересувається в напрямних кронштейна *8* і штовхає ролик *7* важеля *4*. При повороті важеля на шипі ексцентрикового вала підвіска *6* тягне «лікоть» рухомого підшипника нагору, піднімаючи один кінець нижнього вальця. При обертанні штурвала у зворотному напрямку гвинт *2* з повзунком відходить від ролика *7*. Підвіска *6* під дією власної маси опускається, повертає важіль навколо ексцентрикового вала *5* і відводить кінець нижнього вальця. Стопорною головкою за допомогою рукоятки *1* фіксують установлене положення нижнього вальця, також установлюють й інший кінець вальця.

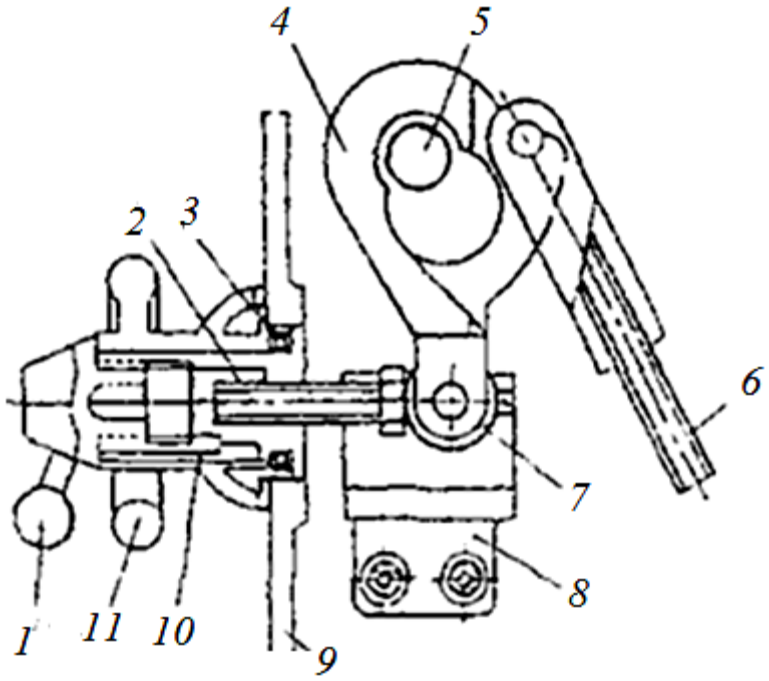


Рис. 6.15. Механізм налаштування паралельності вальців:

1 – рукоятка стопорної головки; *2* – гвинт; *3* – підшипник упорний; *4* – важіль; 5 – вал ексцентриковий; *6* – підвіска; *7* – ролик; *8* – кронштейн; *9* – стінка поздовжня вальцьового верстата; *10* – втулка; *11* – штурвал

Максимальна зміна зазору між вальцями механізмом настроювання паралельності становлять 4,4 мм. Чутливість механізму характеризується зміною зазору за один оберт штурвала й дорівнює 0,22 мм. Якщо подрібнювання по довжині вальців неоднаково, обертанням штурвала *11* піднімають або опускають кінці вальців, вирівнюючи робітник зазор між ними.

Механізм паралельного зближення вальців після настроювання їх призначений для точної установки робочого зазору. Необхідний робочий зазор між вальцями встановлюють обертанням рукоятки *1* (рис. 6.16), що повертає гвинт *4* у гайці важеля *5*. Важіль розвертає ексцентриковий вал *7*, при цьому наближається або відходить нижній валець. Максимальна зміна зазору між вальцями механізмом паралельного зближення становить 1,2 мм, а чутливість механізму за один оберт рукоятки – 0,06 мм.

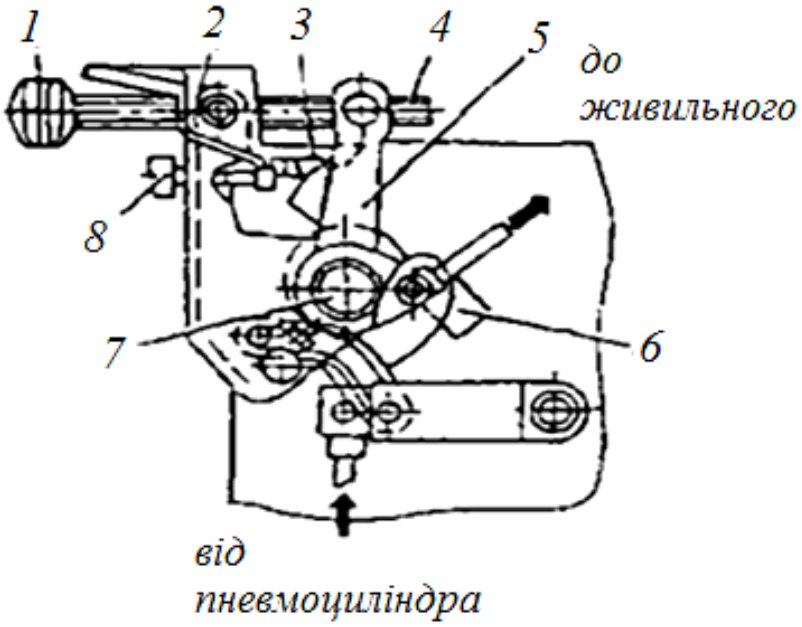


Рис. 6.16. Механізм паралельного зближення вальців:

1 – рукоятка установки робочого зазору; *2* – засувка: *3* – упор; *4* – гвинт; 5 – важіль; *6* – підвіска «ліктя»; *7* – вал ексцентриковий; *8* – рукоятка фіксу-засувки

Система привалу-відвала вальців забезпечує автоматичне та ручне керування цими операціями.

Ручний привал вальців виконується підйомом рукоятки *1* (рис. 6.16). Зусилля, що прикладає до рукоятки, переборює опір пружини крутіння на ексцентриковому валу *7* і через важіль *5* повертає його. Шипи вала *7* перемістять нагору важелі, підвіску, запобіжні пружини й «лікті» рухливих підшипників. Відбувається привал вальця. Положення привалу фіксується засувкою *2*, що зачіпається з упором *3*, запресованим у боковині верстата. Засувка має два зуби для часткового або повного привалу вальця. Положення засувки втримується натискним ексцентриковим фіксатором.

При опусканні рукоятки або знятті засувки з упору система спрацьовує у зворотному порядку й під дією власної маси нижнього вальця й пружини крутіння відбувається відвал. При потраплянні в міжвальцевий зазор сторонніх предметів розміром до 5 мм запобіжна пружина забезпечує безпечне їхнє проходження за рахунок відвала нижнього вальця.

У робочому режимі функціонує автоматична система керування привалом-відвалом вальців. Як датчик системи керування використано сигналізатор рівня продукту СУС-М-115, а виконавчими механізмами служать електромагнітний клапан і пневмоциліндр.

Ємнісний чутливий елемент *8* (рис. 6.16) сигналізатора рівня встановлений у приймальній трубі вальцьового верстата. Продукт, що перебуває в приймальній трубі, змінює електричну ємність чутливого елемента, що виробляє сигнал керування. Його величина безпосередньо залежить від ступеня заповнення горловини склянки продуктом, що надходить на подрібнювання. Керуючий сигнал перетвориться в напругу постійного струму й підсилюється в схемі електронного блоку. При певній величині сигналу відбувається замикання контактів реле. У результаті електромагнітний клапан відкриває доступ стисненому повітрю під тиском 0,5 МПа до поршня

пневмоциліндра. Поршень піднімає шток і через систему важелів розвертає ексцентриковий вал на привал нижнього вальця.

При зменшенні рівня продукту в прийомній трубі до певної межі керуючий сигнал по величині стає недостатнім для втримання контактів реле в замкнутому стані. Клапан перекриває доступ стисненому повітрю в пневмоцилиндр, поршень зі штоком опускається, і механізм спрацьовує на відвал вальця.

При роботі верстата в автоматичному режимі можливий примусовий відвал вальців ручним пневмоперемикачем, що через двоходовий розподільник повітря швидко скидає тиск у пневмоциліндрі.

Приймально-живильний пристрій складається із прийомної труби, валкового живильного механізму із приводом, заслінки й системи регулювання подачі продукту.

Приймальна труба *6* являє собою скляний циліндр 0298 мм, установлений у горловині *7* вальцьового верстата. Приймальні труби вальцьових верстатів, що обслуговують різні технологічні системи, розділені вертикальною перегородкою, що забезпечує автономне живлення кожної половини верстата.

У кожній половині труби встановлений чутливий елемент 8 сигналізатора рівня продукту.

Механізм подачі залежно від фізико-механічних властивостей вихідного продукту у верстатах різних технологічних систем має сім форм виконання й включає в різних сполученнях валковий живильник, редуктор (перемикач швидкостей), заслінку і привід. Живильник виконується в трьох варіантах: дозуючі й проміжний валки (для I драної системи) (рис. 6.17); дозуючий валок зі шнеком (для інших драних систем); дозуючі й розподільний валки (для розмелених систем). На I драній системі до дозуючого валка монтується козирок *17* з вертикальною стінкою в зоні валка. Проміжний валик у процесі подачі продукту не бере участь, а виконує тільки кінематичну функцію в приводі.

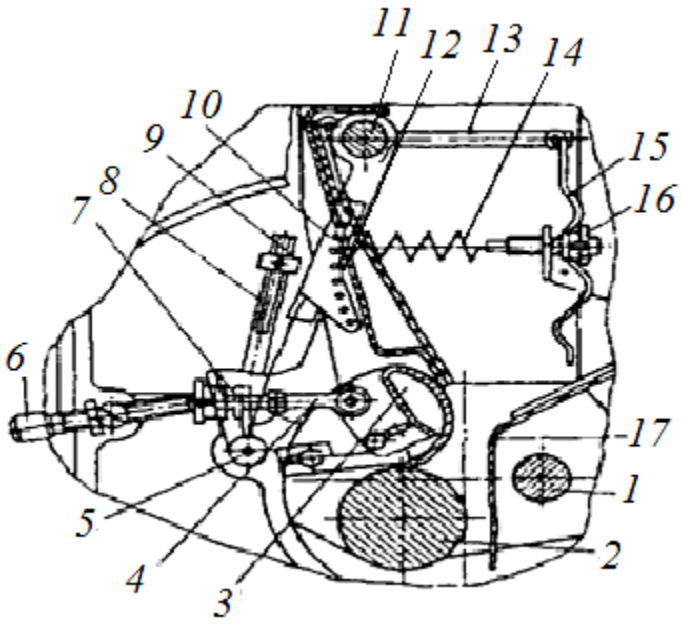


Рис. 6.17. Пристрій регулювання живильного зазору для I драної системи:

1 – шнек; *2* – валок дозуючий; *3* – заслінка; *4* – тяга; *5*,*11* – вали; *6* – гвинт обмежувальний; *7*, *8*, *12* – важелі; *9* – ролик; *10* – планка; *13* – кронштейн; *14* – пружина зворотна; *15* – шторка-датчик; *16* – гайка; *17* – козирок

Діаметр валків і шнека 74 мм. На поверхні дозуючого валка нанесені поздовжні рифлення з нахилом 1°30' у кількості 50, 30 або 20 залежно від технологічної системи. Розподільний валик має 50 поперечних рифлей із кроком 2 мм.

Шнек виконаний у вигляді вала з лопастями, установленими перпендикулярно до його осі. Лише крайні лопасті розташовані так, щоб злегка затримати рух продукту в осьовому напрямку. Проміжний валок немає нарізки, він ізольований від зони подачі продукту й виконує лише кінематичні функції. Всі живильники типу валок зі шнеком і двовальні мають редуктори для чотирипозиційного регулювання швидкостей дозуючого валка. Швидкість обертання дозуючого валка живильного механізму встановлюють так, щоб шар продукту був рівномірним і розподілявся по всій довжині валка.

Заслінка *9* із зубчастою кромкою (для верстатів драних систем, крім I та IV дрібної) або гладкої (для всіх інших систем) утворить із дозуючим валком 3 живильний зазор, що встановлюють вручну

регулятором *10*, розміщеним на внутрішній стороні боковини верстата.

Автоматичне регулювання живильного зазору здійснюється в такий спосіб (рис. 6.17). Поступаючий у приймальну трубу і горловину верстата продукт опускає вниз дві шарнірно підвішених гофрованих шторки-датчики *15*, які повертають вал *11*, важіль *12* і планку *10*. При цьому розтягується зворотна пружина *14*. Планка *10* давить на ролик *9* і через нього на проміжний важіль *8*, що повертає вал *5* з важелем *7*. Важіль *7* пов'язаний з тягою *4*, повертає заслінку *3*, збільшуючи живильний зазор. При зменшенні потоку продукту знижується тиск на шторки-датчики *15*, зворотна пружина *14* стискується й піднімає їх. Система важелів спрацьовує на зменшення зазору.

Для кожної технологічної системи встановлюють вручну діапазон автоматичного переміщення заслінки за допомогою обмежувального гвинта *6*, регулюють натяг зворотної пружини *14* гайкою *16*, положення планки *10* і відповідно важеля *5* з роликом *9*.

Привід механізму подачі продукту здійснюється плоскопасовою передачею, ведучою ланкою якої служить ведений шків привода вальців, що мелють.

Живильні валки встановлені в підшипниках ковзання. Змащення підшипників і шестірень живильного механізму здійснюється при розбризкуванні шестірнями масла, захоплюваного з нижньої частини корпусів редуктора й привода механізму.

Станина вальцьового верстата розбірної конструкції виконана із чавуну. Вона складається із двох боковин, двох поздовжніх стінок і траверси. Деталі станини з'єднані між собою болтами. У боковинах є отвори й прорізи для розміщення рухливих і нерухомих вузлів верстата.

Верстат випускається у виконаннях з вертикальним виводом продукту через пневмоприймачі або гравітаційним виводом через збірні конуси. При цьому передбачена можливість як спільного, так і роздільного виводу продуктів з кожної половини верстата.

Виконання вальцьового верстата передбачає кілька варіантів виготовлення й комплектації верстатів:

- сполучення половин верстата для певної технологічної системи;

- характер робочої поверхні вальців, що мелють (параметри рифлення або мікрошорсткості);

- відношення колових швидкостей вальців, що мелють, дифференціал (2.5; 1.25);

- спосіб очищення вальців, що мелють (ніж, щітки);

- варіанти пристрою механізму подачі вихідного продукту (тип валкового живильника, наявність редуктора, крайка заслінки, діаметри шківів плоскопасової передачі);

- потужність електродвигуна кожної половини верстата;

- діаметри приводних шківів (150 мм. 132 мм);

- варіант установки електродвигуна (над перекриттям, під ним);

- спосіб капотування вальцьових верстатів (груповий, індивідуальний);

- наявність системи водяного охолодження валків.

Вибір верстата для комплектних млинів в основному орієнтований на спрощення верстата, з огляду на специфіку їхньої експлуатації й невелику кількість у процесі обслуговування.

Настроювання й оперативне регулювання режиму розмелу кожної половини верстата під навантаженням зводиться в основному до регулювання системи живлення й робітника зазору між вальцями, що мелють.

У верстатів, що мають у механізмі живлення редуктор, установлюють спочатку мінімальну швидкість дозуючого валка, що відповідає положенню рукоятки *1* (оцінка 1 по шкалі), і далі підбирають оптимальне значення швидкості обертання. Не допускається перемикання швидкостей на ходу. Відповідно до розподілу навантажень по технологічних системах за допомогою регулятора вручну встановлюють мінімальну величину живильного зазору між заслінкою й дозуючим валком: на драних системах – 0,35 мм, на розмелювальних – 0,15 мм. Максимальний живильний зазор, установлюваний обмежувальним гвинтом, повинен забезпечувати верхню межу подачі вихідного продукту, при якому струмове навантаження електродвигуна за показниками амперметра не перевищувало б 80% номінальної. Якщо ця умова не дотримується, живильний зазор повинен бути зменшений.

Після настроювання режиму розмелу повинні бути затягнуті контролюючі пристрої органів регулювання. Надалі для даної помольної партії не слід коректувати режим помелу, що повинен забезпечувати стабільні результати протягом тривалого часу.

Збереження протягом тривалого часу всіх конструктивно-настановних параметрів, зафіксованих після налагодження режиму розмелу, що забезпечують стабільність технологічного процесу, є однієї з найважливіших якісних характеристик конструкції верстата.

Провідні виробники комплектних млинів установлюють на них верстати власного виробництва. Так, «Мельінвест» освоїв виробництво вальцьових верстатів ВР двох типорозмірів 0250×800 та 0250×1000, «Станкінпром» має у своїй виробничій програмі вальцьові верстати «Харгронік» з 0250 і довжиною вальців від 240 до 1000мм односекційного й двосекційного виконання. Пристрій цих верстатів досить докладно викладено в літературі.

Основні параметри вальцевих верстатів приведено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5

Основні технічні параметри валъцъових верстатів комплектних млинів

Показники	Р6-ВС 185×170/250	Р6-ВС-4 185×170/250	ВМ2-П 185×400	А1-БЗН 250×1000	ВС 250×600/1000	Хартонік-4 Хартронік-5
Продуктивність, т/добу	12/32	12/32	40-45	84	48/84	48/84
Частота обертів: - валка, об/хв -рифленого -гладкого	930	930	930	420-470 395-415	420-460 395-415	440 400
Витрата повітря на аспірацію, $м^3$/год	150/250	150/250	400	600	400/600	400/600
Довжина бочки вальця, мм	170/250	170/250	400	1000	600/1000	800/1000
Потужність електродвигуна, кВт (пари вальців)	2,2/3,0	4,0-5,5	5,5-11,0	18,5	11,0/22,0	11,0/7,5-
Габарити, мм: довжина	610	610	1050	2030	2200/2000	1576/1780

ширина висота	606/686 750	626/696 115	1050 1540	1700 1400	1500 1750/1900	883/1520 1979/2300
Маса, кг	—	—	1000	2650	2000/2600	2040/4000

6.4. Жорнові млини і крупорушки

В останні роки на сільськогосподарських підприємствах країни збільшилась кількість переробних виробництв, серед яких значну частину займають млини і крупорушки. Господарствам, які вирощують зерно, вигідно мати такі переробні виробництва малої продуктивності. Крім зменшення витрат на транспортування та зберігання сировини, господарства одержують додаткові прибутки як від реалізації продукції у переробленому вигляді, так і від раціонального використання зерна; всі відходи виробництва, які можна використати для відгодівлі худоби, птиці та для інших потреб залишаються в господарстві.

Сучасні млини і крупорушки сільськогосподарського призначення проектуються за спрощеними технологічними схемами, займають незначну виробничу площу, потребують значно менших енерговитрат, простіші в експлуатації. За останній час істотно підвищився технічний рівень їх основного обладнання, впроваджуються засоби механізації і машини-автомати для фасування, пакування готової продукції.

Попитом на селі користуються вальцьові млини і крупорушки "Харків'янка" виробництва ЗАТ "Укрстанкіпром", млини "Фермер" – 0,6 і 1,2 заводу "Автоштамп" м. Олександрія, агрегатні млини **Р6-АВМ7, ОПМ-0,6** і крупорушки Могилів-Подільського машинобудівного заводу, комплектне обладнання для переробки зерна АТ "Бриг", м. Первомайськ Миколаївської області та інше зернопереробне обладнання вітчизняного виробництва. Значно менший попит на млини жорнового типу.

Незважаючи на широку пропозицію і рекламу обладнання для переробки зерна закордонного виробництва, наші господарства переважно купують обладнання вітчизняного виробництва, що пояснюється значно нижчими цінами.

Проведене нами обстеження умов експлуатації млинів і крупорушок у господарствах Київської області доказало, що, за невеликим

винятком, зернопереробні лінії змонтовані в малопридатних для виробництва старих неопалювальних будівлях. У зв'язку з незадовільним технічним станом і недостатньою площею виробничих приміщень, не всюди витримані галузеві норми розміщення обладнання, санітарний стан виробничих приміщень незадовільний, температура і вологість у них мало різняться від атмосферних. Відсутність опалення у виробничих приміщеннях вальцьових млинів, дефіцит енергоресурсів і спеціального обладнання для підігрівання зерна та води, не дозволяє належним чином робити гідротермічну обробку зерна в холодну пору року, її технологічна ефективність в цей період знижується до мінімуму.

В даний час далеко не всі господарства, що переробляють зерно, мають в достатній кількості техніку для очищення і сушіння продовольчого зерна, призначеного для перероблення на місці виробництва. В цілому, відносно умов експлуатації обладнання на зернопереробних виробництвах, можна зробити висновок, що вони є незадовільні, не відповідають технічним умовам роботи; обладнання використовується нераціонально.

Тому, актуальним є завдання організації технологічних процесів на переробних сільськогосподарських виробництвах з повним використанням потенціальних можливостей сучасних машинних технологій, доукомплектувати технологічні існуючі лінії необхідними технологічними машинами, створити нормальні умови для їх експлуатації.

Жорнові млини застосовують для помелу зерна на оббивне хлібопекарське борошно. В деяких сучасних млинах цього типу (рис. 6.18, 6.19) зерно перед розмелюванням обробляють на лущильно-шліфувальній машині 4, видаляють із зернівок частину оболонок, В результаті подрібнення обдертого зерна отримують біліше борошно, з меншим вмістом клітковини.

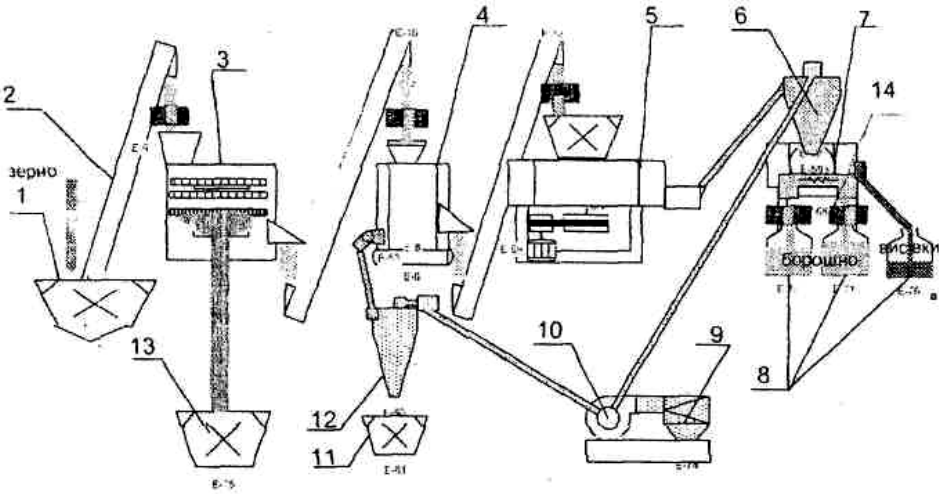


Рис. 6.18. Функціональна схема жорнового млина:

1 – завантажувальний бункер; *2* – транспортер; *3* – сепаратор; *4* – лущильно-шліфувальна машина; *5* – посад жорновий; *6*,*12* – циклони; *7* – просіювач; *8* – тара для борошна та висівок; *9* – фільтр; *10* – вентилятор; *11*,*13* – бункери для відходів; *14* – магнітний уловлювач

Млин працює так. З приймального бункера *1* зерно гвинтовим транспортером *2* подають у повітряно-ситовий сепаратор *3*, на вході якого воно очищається від феродомішки, а в середині сепаратора – від насіння бур'янів, легкої та мінеральної домішки. Після сепарування очищене зерно транспортується гвинтовим транспортером у лущильно-шліфувальну машину, в якій абразивні диски і сітчаста обичайка обдирають оболонки. Разом з борошняним пилом частинки оболонок відсмоктуються з лущильної машини вентилятором *10* пневмотранспорту. Частинки оболонок осаджуються у циклоні *12*, з якого виводяться у бункер кормових відходів *11*, а борошняний пил відділяється від повітря фільтром *9*.

Наступний процес – розмелювання зерна в жорнах *5* млина. Зерно гвинтовим транспортером подають через магнітний сепаратор у бункер жорнового посаду *5*, з якого воно потрапляє в робочу зону каменів і перетирається в борошно.

Від жорнового посаду продукти подрібнення пневмотранспортом подають в роторний просіювач *14*. З прохідних фракцій просіювача

формують два сорти борошна – перший і третій або їх об’єднують в один сорт (оббивне борошно). Сходову фракцію – висівки направляють в бункер кормових відходів.

Завершальним етапом виробництва є фасування борошна у мішки. Цю роботу виконують два оператора. Вони вручну знімають мішки з борошном з вихідних патрубків просіювача, переставляють їх на технічну вагу, зважують, при необхідності досипають до 50 кг і прошивають переносною мішкозашивною машиною. Процес фасування борошна можна механізувати за допомогою вагового тензометричного дозатора Д-50 і мішкозашивної машини ЗЗЕМ або К4-БУВ. Робота цих машин полягає в тому, що заповнені борошном і зважені дозатором мішки переміщають транспортером мішкозашивної машини до зашивної головки. Оператор підставляє верхню частину мішка до головки, яка прошиває мішок і далі його відвозять на склад готової продукції.

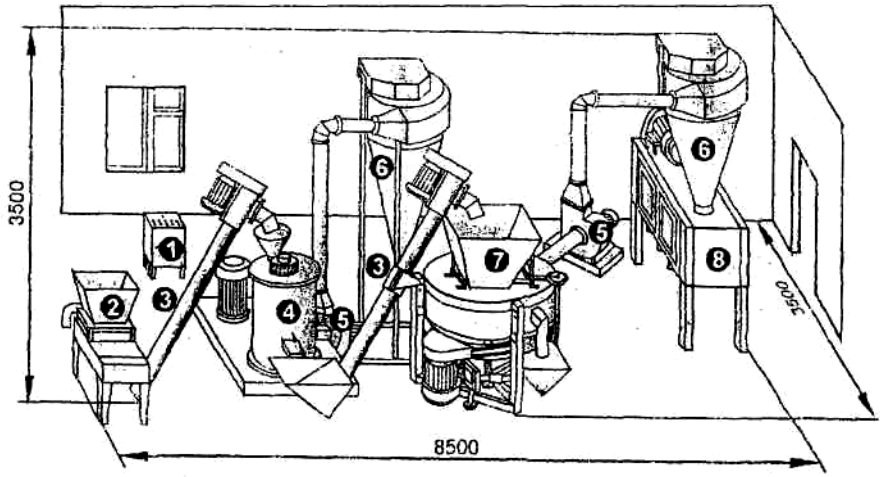


Рис. 6.19. Жорновий млин МТ-2:

1 – пульт управління; *2* – сепаратор; *3* – транспортер гвинтовий; *4* – лущільно-шліфувальна машина; *5* – вентилятор; *6* – циклон; *7* – жорновий посад; *8* – просіювач

Вальцьові млини. В сільському господарстві поширені вальцьовий млин ОПМ-0,6 "Фермер", млини "Харків'янка" продуктивністю

600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000 і 2500 кг/год. та агрегатні млини Р-АВМ7 та Р6-АВМ15.

Млин ОПМ-0,6 "Фермер" (рис. 6.20), призначений для переробки зерна пшениці на сортове борошно. На ньому також переробляють жито і пшеницю на оббивне борошно. Млин має модульну будову, складається з модулів очищення зерна, гідротермічної обробки і розмельного модуля. Модуль очищення зерна складається із повітряного ситового сепаратора *3*, каменевідбірної *4* і щіткової *5* машин, модуль холодного кондиціювання – з гвинтового зволожувача *6* і двох бункерів відволожування зерна *7*.

Розмельне відділення млина "Фермер-0,6" відрізняється від традиційних відділень млинів тим, що сортування на однорідні фракції за розмірами проміжних і готових продуктів здійснюється на пневмороторних сепараторах. У млині застосовано сім таких сепараторів для сортування проміжних продуктів і один – для контролю зерна перед першою драною системою.

Процес розмелу зерна у борошно відбувається в такій послідовності. З приймального бункера пневмотранспортом зерно подається у повітряний ситовий сепаратор *3* первинного очищення. Для підвищення ефективності очищення, зерно далі очищається від мінеральної домішки каменевідбірною машиною *4*, а від бруду на поверхні зернівок – щітковою машиною *5*.

Наступний процес – холодне кондиціонування. Для цього зерно зволожують гвинтовим зволожувачем *6* й подають в один із бункерів *7* для відволожування, яке триває 12...24 годин. Під час кондиціонування в зернівках відбуваються складні біохімічні процеси, змінюються структурно-механічні властивості їх, підвищується еластичність оболонок і розтріскується ендосперм. Еластичні оболонки менше подрібнюються вальцями верстатів, відділяються від зернівок крупнішими шматочками, тому легше відсіюються пневмороторними сепараторами. Вміст оболонок у борошні зменшується, поліпшується його якість.

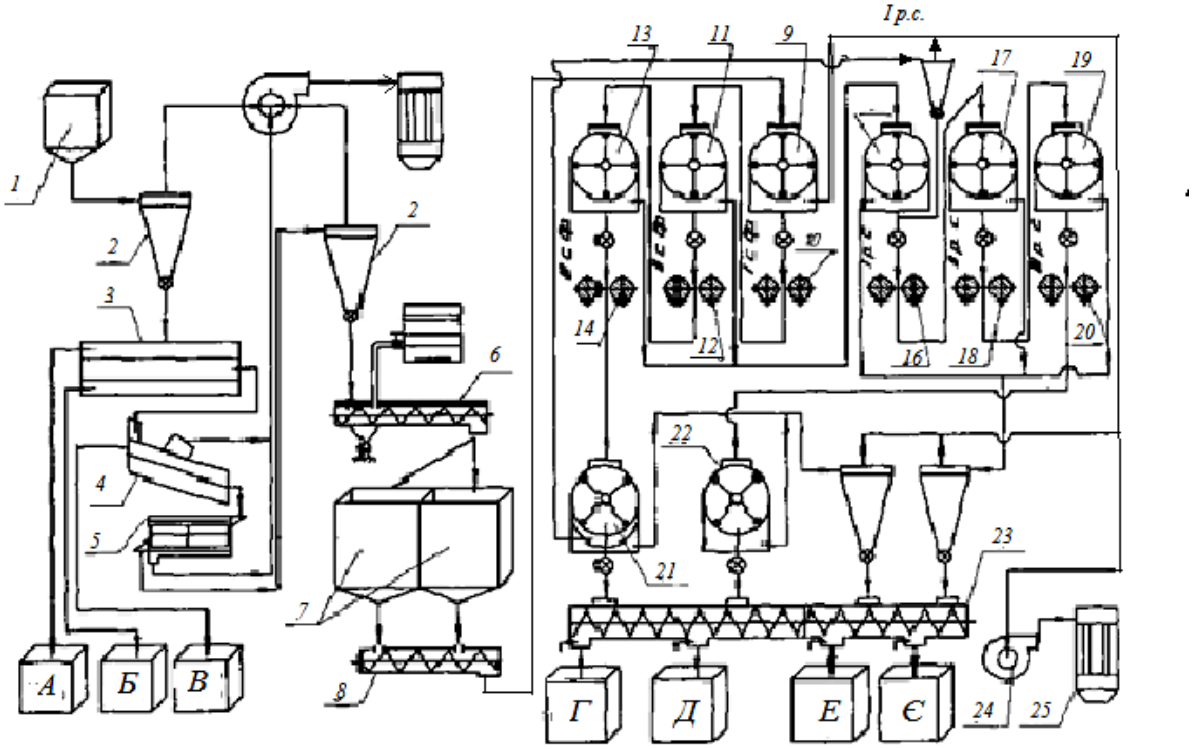


Рис. 6.20. Функціональна схема вальцьового млина ОПМ-0,6 «Фермер»:

1 – приймальний бункер; 2 – циклон; 3 – сепаратор; 4 – каменевідбірна машина; 5 – щіткова машина; 6 – зволожувач; 7 – бункер відволожування; 8 – гвинтовий транспортер; 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 22 – пневмороторні сепаратори; 10, 12, 14, 16, 18, 20 – вальцьові верстати; 23 – конвеєр гвинтовий; 24 – вентилятор; 25 – фільтр; А – легка домішка; Б – дрібна домішка; В – мінеральна домішка; Г – висівки (крупна фракція); Д – висівки (дрібна фракція); Е – борошно І та ІІ ґатунок; Є – борошно вищого ґатунку

Після відлежування, зерно із бункера *7* гвинтовим транспортером *8* подають на контрольне просіювання у пневматичний сепаратор *9* першої системи дертя. Сходову фракцію цього сепаратора (повноцінне зерно) подають на подрібнення у вальцьовий верстат *10* першої драної системи, а прохідну фракцію (пилоподібні частинки) – відводять в аспіраційний канал пневмотранспорту.

Продукти подрібнення з вальцьового верстату *10* подають на сортування у сепаратор *11* другої драної системи. Сходову фракцію цього просіювача подають на повторне подрібнення на вальцьовий верстат *12*

другої драної системи, а прохідну фракцію разом з прохідною фракцією третьої драної системи на сепаратор *15* першої розмельної системи.

Подрібнений продукт з вальцьового верстата *12* направляють на сепаратор *13* третьої драної системи. Сходова фракція сепаратора *13* направляється на подрібнення на вальцьовий верстат *13* третьої драної системи, з якої подрібнений продукт подається на сортування у сепаратор *21*. Перший прохід з цього сепаратора направляють на повторне подрібнення на вальцьовий верстат *16* першої розмеленої системи, другий прохід (борошно другого сорту) – у секцію транспортера *23* для другого сорту борошна. Схід (крупні висівки) із сепаратора *21* виводиться у секцію крупних висівок транспортера *23*.

Сходова фракція сепаратора *15* першої розмеленої системи об'єднується в купу з верхньою прохідною фракцією сепаратора *21* і поступає у вальцьовий верстат *16* на повторне подрібнення. Подрібнений верстатом *16* продукт направляється на сортування у сепаратор *17* другої розмеленої системи. Схід з сепаратора *17* подається на сортування у сепаратор *19* третьої розмеленої системи. Із прохідних продуктів розмелених систем формують борошно вищого ґатунку, яке через відцентрові розвантажувачі поступає у першу секцію транспортера *23*. Схід з сепаратора *19* подається на подрібнення у верстат *20* третьої розмеленої системи.

Після проходження через вальці *20* третьої розмеленої системи, продукт направляється на сортування у сепаратор *22*. Схід (дрібні висівки) направляють у секцію висівок транспортера, а прохід – у секцію борошна другого сорту.

При заміні сит на сепараторах, варіюванні режимів підготовки зерна й роботи вальцьових верстатів отримують вихід сортового борошна до 60 %. За певних умов можна відбирати до 40 % борошна вищого сорту.

Завершальним етапом виробництва пшеничного борошна є фасування продуктів у мішки та більш малу тару (пакети) за допомогою фасувальних автоматів або дозаторів напівавтоматичної дії з використанням мішкозашивної машини.

Агрегатні вальцьові млини Р6-АВМ-7 і Р6-АВМ-15 призначені для переробки зерна в борошно вищого та першого сортів і

застосовуються для потреб сільського господарства. Вони мають розгалужену пневмотранспортну систему, що обслуговує всі транспортні процеси млина і виконує аспірацію технологічних машин. Всі процеси на цих млинах автоматизовані. Великою зручністю є те, що млини мають агрегатну будову (рис. 6.21).

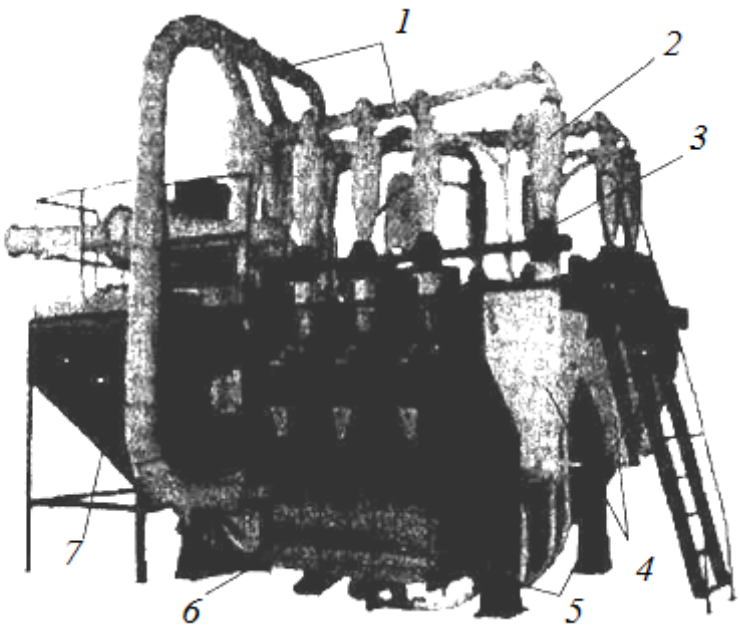


Рис. 6.21. Зовнішній вигляд млина Р6-АВМ-7:

1 – матеріалопровід пневмотранспортної системи; *2* – циклони-розвантажувачі; *3* – шлюзові затвори; *4* – вивідні рукави; *5* – рама; *6* – пакетний розсійник; *7* – бункери відволожування зерна

Механізми млинів змонтовані на спеціальній збірній металевій рамі в два поверхи, внаслідок чого відпадає необхідність в будівництві спеціальної будівлі. Управління технологічним процесом млинів здійснюється з центрального пульта. Завдяки повній автоматизації і механізації технологічного процесу помелу зерна, для обслуговування млинів потрібно тільки 2 людини.

Технологічна схема підготовки зерна до подрібнення (рис. 6.22) – більш розвинута в порівнянні з млином "Фермер-06". Зерно очищається від домішок аспіратором *2* і повітряним ситовим сепаратором *3*. Важковідокремлювані короткі домішки видаляються

трієром *4*. Поверхня зернівок очищається від бруду оббивальною машиною *5* перед холодним кондиціюванням зерна, а після нього – щітковою машиною *10*. На вході технологічних машин і для контролю готової продукції установлені магнітні сепаратори *9*. Для підвищення ефективності очищення зерна, після щіткової машини зерно повторно очищають в аспіраторі.

Для розмелювання зерна млини мають шість вальцьових верстатів: перші три верстати з крупнішими рифлями на вальцях відносяться до драних систем, четвертий з дрібнішими рифлями – до шліфувальної і два останні верстати з шорсткими вальцями входять у розмельну систему млина. Сортують проміжні продукти на однорідні фракції за розмірами коливним шестисекційним пакетним розсійником з плоскими ситами.

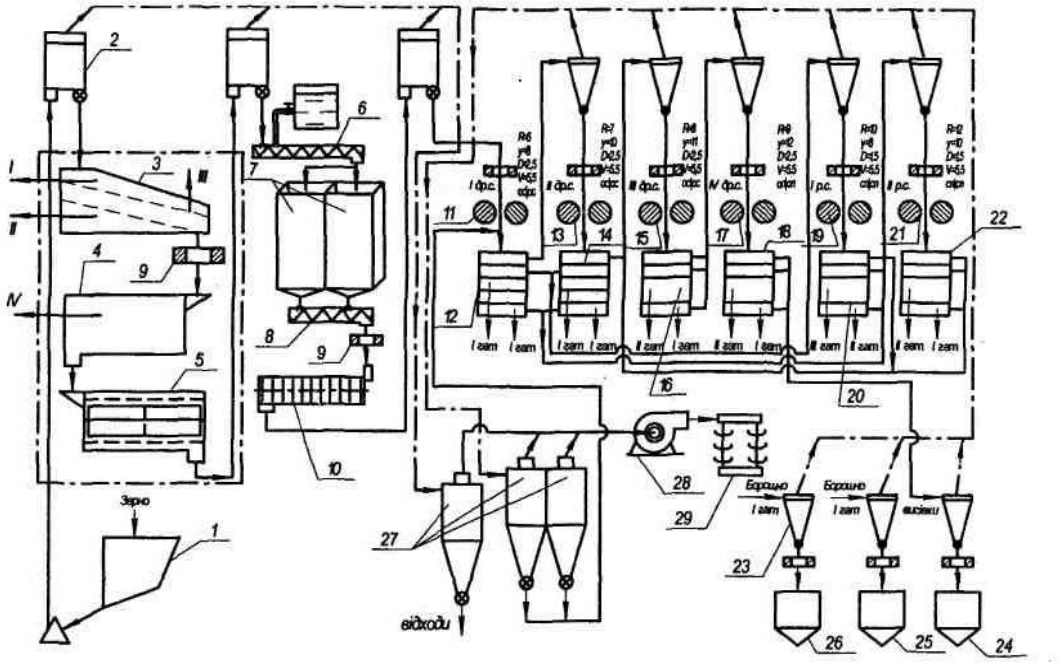


Рис. 6.22. Функціональна схема млина Р6-АВМ-7:

1 – бункер; *2* – аспіратор; *3* – решітний сепаратор; *4* – трієр; *5* – оббійна машина; *6* – зволожувач; *7* – бункери відволоження; *8* – гвинтовий транспортер; *9* – магнітний сепаратор; *10* – щіткова машина; *11*, *13*, *15*, *17*, *19*, *21* – вальцьові верстати; *12*, *14*, *16*, *18*, *20*, *22* – секції розсіювача; *23* – циклон-розвантажувач; *24*, *25*, *26* – бункери для борошна і висівок; *27* –

батарея циклонів; *28* – вентилятор; *29* – фільтр; *I* – легка домішка; *II* – мінеральна домішка; *III* – крупна домішка; *IV* – коротка домішка

Процес помелу зерна в борошно відбувається в такій послідовності. З приймального бункера пневмотранспортом зерно подається у аспіратор *2*, де очищається повітряним потоком від легкої домішки. Далі зерно очищається повітряно-ситовим сепаратором *3*, з нього виділяється сходом з верхнього сита крупна домішка *III*, підсівним ситом відсіваються мінеральна домішка, і насіння бур'янів (прохідна фракція *II*) і повітряним потоком виноситься легка фракція *I*. Після проходження зерна через магнітний уловлювач *9* воно трієром *4* очищається від короткої домішки і потрапляє на обробку в оббійну машину *5*, де очищається від бруду на поверхні зернівок і частково від оболонок.

Після обробки зерна оббійною машиною і холодного кондиціювання, на зерні залишаються частини надірваних оболонок. Для їх вилучення зерно гвинтовим транспортером подають у щіткову машину *10*, де воно обробляється щітками. Перед подрібненням зерно ще раз пропускають через аспіратор і після магнітного очищення подають на вальцьовий верстат *11* першої драної системи. Продукти подрібнення транспортують на секцію розсійника *12*, звідки верхні сходи після магнітного сепаратора подають на вальцьовий верстат *13* другої драної системи. За перший прохід відокремлюють борошно першого сорту, продукти ж другого проходу з розсійника транспортують на вальцьовий верстат *19* першої розмелювальної системи.

З другої драної системи продукт надходить на секцію *14* розсійника, де верхні сходи об'єднують і подають після магнітного сепаратора на вальцьовий верстат *15* третьої драної системи. Подрібнений продукт транспортують на секцію розсійника *16*, де відбирають борошно першого і другого сорту, а сходові продукти з неї подають на вальцьовий верстат *17* шліфувальної системи.

З вальцьового верстата *17* продукт надходить у секцію *18* розсійника, де відбирають борошно першого і другого сорту, а всі три сходи (висівки) об'єднують і транспортують у бункер висівок. Після проходження продуктів через вальці *19* першої розмелювальної

системи продукт подають у секцію *20* розсійника, де одержують борошно другого і третього ґатунків, верхній схід повертають на подрібнення у вальцьовий верстат *15* другої драної системи, а нижні сходи об’єднують і після магнітного очищення подають на верстат *21* другої розмелювальної системи, звідки продукт потрапляє в секцію *22* розсійника, де сходом відбирають борошно першого і другого ґатунків. Всі три сходи секції *22* розсійника направляють на подрібнення у третю драну систему.

Заміною сит розсійника, відповідним підбором режимів підготовки зерна та роботи вальцьових верстатів реалізують декілька схем помелів зерна на борошно, в тому числі високосортний помел з виходом борошна вищого ґатунку 48...50 % при загальному виході борошна 72 %.

Млини "Харків'янка" призначені для отримання борошна вищого і першого ґатунків із зерна пшениці. Деякі моделі млинів пристосовані для оббивного помелу жита, а також для отримання манної і макаронної крупи. Млини мають більш розвинуту технологічну схему холодного кондиціювання зерна з повторним зволожуванням і короткочасним відволожуванням його перед розмелюванням, вимелювальні машини для вирівнювання навантажень на розмелених системах. До складу млина "Харків'янка - 3000" входить ситовійна машина для збагачення проміжних і готових продуктів.

Переваги млинів "Харків'янка" такі: високий ступінь очищення зерна; діапазон продуктивності від 10 до 500 т зерна за добу; вихід борошна вищого ґатунку до 65% при загальному виході до 75...78 %; повністю автоматизований процес переробки зерна; спеціальна обробка вальців, що дозволяє підвищити якість помелу, збільшити довговічність їх роботи.

Млини "Харків'янка"., за бажанням споживача, виробник оснащує: комп’ютерною системою управління технологічним процесом помелу з автоматичним обліком переробленого зерна і спожитої електроенергії; бункерами для зберігання неочищеного зерна і формування помельних партій; бункерами для безтарного зберігання борошна і висівок з подальшим вивантаженням у борошновози; лінією грануляції висівок тощо.

Вальцьово-жорнові млини (рис. 6.23) застосовують для помелу зерна на оббивне і сортове борошно та виготовлення крупи дробленої за технологією борошномельного виробництва. У млині є повітряно-ситовий сепаратор *4* для очищення зерна від домішок, дві оббивальні машини *5*, *6* та обладнання холодного кондиціювання зерна *7*, *8*.

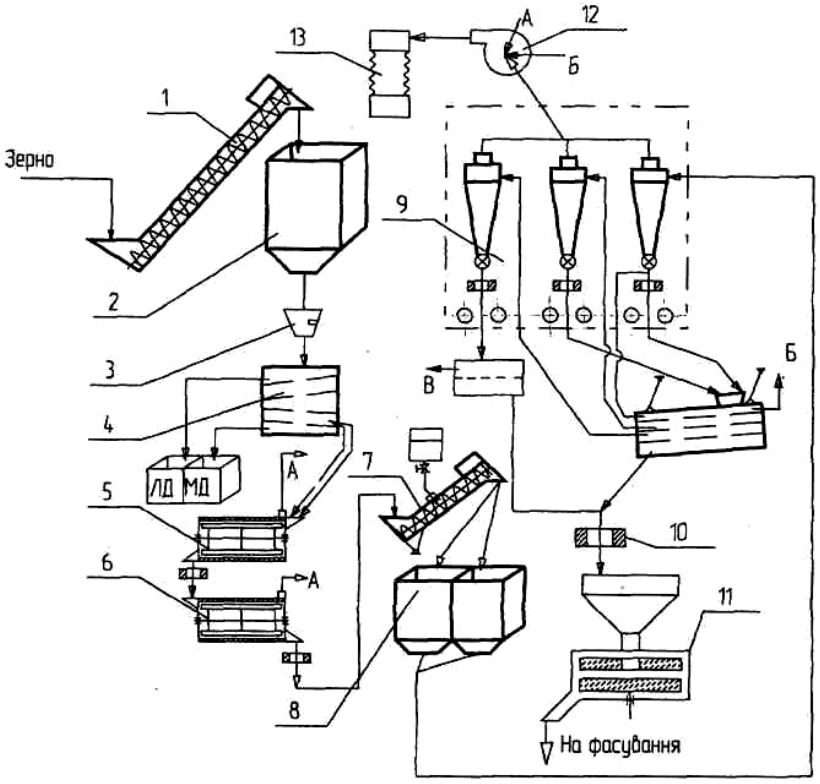


Рис. 6.23. Вальцьово-жорновий млин:

1 – гвинтовий транспортер; *2* – бункер приймальний; *3* – дозатор; *4* – повітряно-ситовий сепаратор; *5*, *6* – оббійні машини; *7* – гвинтовий зволожувач; *8* – бункери відволожування; *9* – модуль з трьох вальцьових верстатів; *10* – магнітні колонки; *11* – жорновий пасад; *12* – вентилятор пневмотранспорту; *13* – фільтр; *А*, *Б* – аспіраційні відноси; *В* – висівки; *ЛД* – легка домішка; *МД* – мінеральна домішка

Розмельне відділення млина складається з трьох вальцьових драної системи *9* для попереднього вибіркового подрібнення зерна з вилученням з нього основної маси висівок і жорновий посад *10* для остаточного розмелювання прохідних продуктів драної системи в

сортове борошно. Основні переваги цього млина над вальцьовими – проста і більш дешева конструкція розмельного відділення.

Контрольні запитання

1. Дати визначення подрібненню зерна?
2. В залежності від ступеня подрібнення напишіть класифікацію помелу, та їх застосування у виробництві?
3. Напишіть класифікацію подрібнювачів, які використовуються на с/г переробних виробництвах?
4. Дайте пояснення навіщо підводять енергію у процесі подрібнення?
5. Для чого призначена молоткова дробарка і дайте її характеристику?
6. Дати характеристику модернізованим моделям дробарок типу А1-ДМР?
7. Для чого використовують вальцьові подрібнювачі?
8. Що таке жорнові млини і крупорушки?
9. Дати характеристику вальцьовим млинам і для чого вони призначені?
10. За рахунок чого здійснюється механічне подрібнення?
11. Як розрізняють машини за способом механічної дії при подрібненні?
12. Як визначається типова енергоємність?
13. Навести принципову будову дробарок типу Р1-БДК-М і Р1-БДК-5М та дати їм характеристику?
14. Назвати які сучасні млини та дати їм характеристику?

РОЗДІЛ 7
ЛУЩИЛЬНО-ШЛІФУВАЛЬНІ МАШИНИ

7.1. Класифікація машин для лущення та шліфування зерна

Одна із основних технологічних операцій на круп'яних заводах лущення, тобто зняття квіткових плівок з зерна ячменю, рису, вівса і проса, плодових оболонок із зерна гречки та пшениці, а також насіннєвих оболонок з гороху. Вибір конструкції машин для лущення зерна обумовлений його структурно-механічними, фізико-хімічними властивостями і біологічними особливостями.

В залежності від міцності зв'язку квіткових плівок, плодових або насіннєвих оболонок з ядром круп'яні або зернові культури можна розділити на дві групи.До першої групи відносяться культури,в яких оболонки не зрослись з ядром (гречка, просо, рис і овес), до другої-культури, в яких оболонки зрослись з ядром (ячмінь, пшениця, кукурудза).

Для лущення зерна кожної культури вимагається різна тривалість і інтенсивність дії робочих органів машини. Лущення проса і гречки можливо при короткочасній дії,а для ячменю необхідно тривалу і інтенсивну дію робочих органів.

Головна вимога до лущильних машин-високий ступінь лущення при максимальному збереженні цілісності ядра.

Для повного звільнення (відокремлення) ядра від решти зовнішніх плівок,насіннєвих плодових оболонок,а також придання ядру гладенької форми застосовують шліфувальні та полірувальні машини.

В таблиці 7.1 приведена класифікація машин,які застосовуються для лущення і шліфування зерна круп'яних культур.

В основу класифікації покладено принцип дії робочих органів, які залежать від форми зв'язку в зерні зовнішніх оболонок(плівок) з ядром і структурно-стійких характеристик зерна.

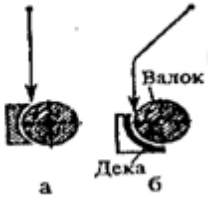
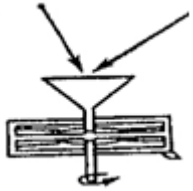
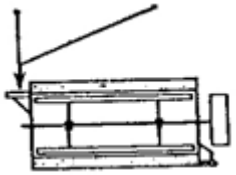
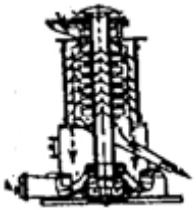
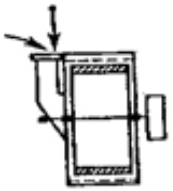
Конструкція, матеріал і форма робочих органів машини визначають принцип її дії при лущенні та шліфуванні.

До І групи відносяться машини з робочими органами, які забезпечують процес деформації при стисканні, частково здвигу і

тертя (ковзання з котінням), який викликає злущення і руйнування квіткових оболонок проса, рису, вівса та плодових оболонок гречки шляхом впливу на зернівку двох робочих поверхонь: рухомої і нерухомої. Сюди відносяться вальцедекові верстати, обрушуючи постави та ін.

Таблиця 7.1

Класифікація машин для лущення і шліфування зерна крупних культур

Найменування	 Гречка	 Просо	 Рис	 Овес	 Ячмінь	 Горох
Форма зв'язку зовнішніх оболонок (плівок) з ядром	Всі три пелюстки плодової оболонки (плівки) вільно охоплюють ядро з'єднані з ним тільки в одній точці	Квіткові плівки вільно охоплюють ядро і з'єднані з ним в одному місці-рубці	Квіткові плівки охоплюють ядро, але з ним не зростаються	Квіткові плівки щільно охоплюють, але з ним не зростаються	Квіткові плівки щільно з'єднані з плодови-ми оболонками по всій поверхні зерна	Насіннєві оболонки прилягають до ядра по всій поверхні
Характеристика необробленого ядра при вологості не більше 14 %	Ядро крихке	Ядро не крихке	Ядро крихке	Ядро еластичне	Ядро міцне	Ядро при ударі та стиску розколюється на сім'ядолі
Схема робочих органів машин, які застосову-ються для лущення зерна	 Вальцедекові верстати: а) для гречки; б) для проса	 Верстат з гумовими валками	 Лущильний постав	 Наждачна оббійна машина	 Лущильник ЕШН	 Голендер
Способи дії робочих органів на зерно, які викликають лущення і відділення плівок та оболонок	Нетривалий стиск і зсув		Стиск, зсув і тертя, викликають лущення	Удар бичів об абразивну поверхню і супровідну йому фрикційну дію, яка викликає лущення і відокремлення оболонок		Тривале тертя об абразивну і шорстку поверхню, яке визначає відділення оболонок

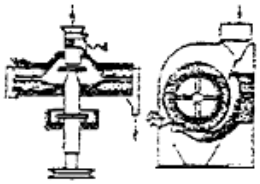
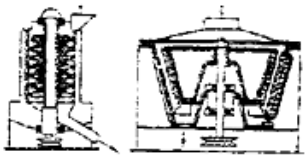
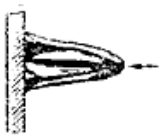
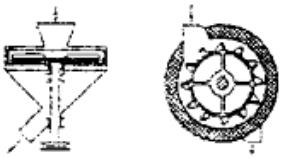
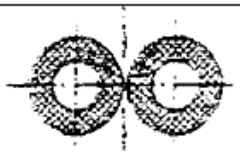
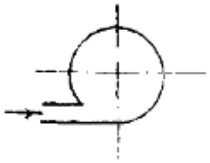
Способи лущення зерна	Принципові схеми роботи органів машини	Культури, що переробляють
Стиск, зсув (частково) і тертя (ковзання з хитанням) 		Просо, гречка, овес, рис
Тертя 		Ячмінь, горох, кукурудза, рис лущений
Удар та інертні сили 		Овес, ячмінь, соняшник, пшениця тощо
Стиск і зсув 		Рис-сирець, просо, гречка
Зміна тиску, аеродинамічне лущення		Гречка, соняшник

Рис. 7.1. Принцип дії робочих органів лущильно-шліфувальних машин та їх дія на зернівки

На комплектних крупозаводах використовують переважно вальцедекові верстати, в яких зерно (гречка, просо) обрушується між обертовим абразивним барабаном (з піщаника) та нерухомою декою, що примикає до робочого вальця з жорсткою (абразивною гречки) і еластичною(гумовотканинною для проса) поверхнями. Захоплене вальцем в робочу зону, яка поступово звужується зерно зазнає дії комплексу зусиль-стиску, зрушення і тертя. При цьому траєкторія руху зернівок складає частину кола.

До II групи відносяться машини, в яких злущення та шліфування відбуваються при тривалій дії сил тертя зерен між собою або об

поверхню абразивних дисків та перфорованої обичайки.

Внаслідок інтенсивної мікроруйнації зовнішніх оболонок відбувається їх відокремлення. Характерно, що для цього різновиду обрушувально-шліфувальних машин обов'язкове заповнення робочої зони зерном. Тільки в цьому випадку в повній мірі створюються умови для проявлення сил тертя та ефективне видалення оболонок.

Нині широке застосування мають лущильно-шліфувальні машини з вертикальним розташуванням вала з абразивними дисками, навколо яких нерухомо встановлюється перфорований циліндр.

Зерно злущується та шліфується в кільцевій щілині між робочими органами. Траєкторія руху зернівки в робочій зоні цієї машини представляє гвинтову лінію.

Такі машини застосовуються для видалення квіткових плівок, плодових та насіннєвих оболонок, а також частково зародка при обробці ячменю, пшениці, кукурудзи та інших культур. Технологічна ефективність злущення та шліфування в цих машинах досягається внаслідок інтенсивного тертя в значному робочому об'ємі,що призводить до суттєвих енергетичних витрат.

В машинах є можливість регулювання часу обробітку зерна за допомогою випускних пристроїв. Такі машини випускаються всіма головними виробниками комплектних крупозаводів («Мельинвест», «Станкинпром», «Агромаш» та ін.).

До III групи відносяться машини, в яких круп'яні культури обрушуються з допомогою багаторазових ударів та інерційних сил. Це досягається при обертанні барабанів на яких закріплені бичі (лопаті), які відкидають зерно на тверду поверхню, внаслідок чого відбувається руйнування та відокремлення оболонок,або зерно розганяється з допомогою обертового диску та вдаряється об нерухому кільцеву деку. До машин цього типу відносяться оббійні машини , відцентрові та бичові шеретувальні машини та ін. В комплектних установках широке застосування для злущення вівса в процесі виробництва крупи, толока та пластівців дістали відцентрові машини з обертовим лопатевим ротором та нерухомою круговою декою.

IVгрупа машин спричиняє руйнування оболонок зерна дією сил стиску та зрушення. Для цього використовується пара покритих гумою (еластичних) валків, встановлених на певній відстані один від

одного і які обертаються назустріч з різною швидкістю. До обладнання такого типу відносяться різні конструкції обрушуючих машин з прогумованими валками. Машини цього типу використовуються головним чином для об лущення рису.

До V групи відносяться машини в яких використовується аеродинамічний принцип зняття оболонок. В цих машинах створюється перепад тиску повітря, розрідження і стиснення повітряного потоку, а також ще і різниці швидкостей (тертя) при взаємодії повітря з продуктом у двофазному потоці протягом сотих і тисячних долів секунди.

Фізична суть процесу лущіння в установці постає наступним чином. Струмінь повітряного потоку, який має критичну (звукову або надзвукову) швидкість захоплює безперервний потік зерна й відносить його трубки зазнає значної дії тертя і як наслідок – руйнування (зняття) оболонки.

В залежності від міцності зв'язку квіткових плівок, плодових або насіннєвих оболонок з ядром зернові культури можна розділити на дві групи. До першої відносяться культури, в яких оболонки не зрослися з ядром (гречка, просо, рис, овес і ін.), до другої – культури, в яких оболонки зрослися з ядром (ячмінь, пшениця, кукурудза і ін.).

Головною вимогою обрушувальних машин є:

високий ступінь злущення;

максимальне збереження цілісності ядра.

Основними показниками ефективності обдирного процесу в круп'яному виробництві є коефіцієнти лущіння та цілісності ядра (окрім ячменю, кукурудзи та пшениці). Коефіцієнт лущення визначається за формулою :

$$К_л=(К_1-К_2)/К_1\cdot 100=(1-К_2/К_1)\cdot 100, \qquad (7.1)$$

де $К_1$, $К_2$– кількість недорушу і цілого зерна до і після лущіння, %

Коефіцієнт цілісності ядра визначають за формулою:

$$К_ц = В/В+Д+М, \qquad (7.2)$$

де*В*– вихід цілого ядра на даній системі лущіння за винятком кількості злущеного зерна у вихідній суміші, *%*

Д– вихід подрібненого ядра на даній системі лущіння за винятком кількості подрібненого ядра у вихідній суміші, *%*

М– вихід борошенця на даній системі лущіння за винятком кількості борошенця у вихідній суміші, *%*

7.2. Вальцедекові верстати

На комплектних крупозаводах при виробленні гречаної та пшоняної крупи в основному застосовуються вальцедекові верстати. На рис. 7.2 показана принципова конструктивна схема машини ЗМШ, що по своєму конструктивному рішенню відноситься до однодекових вальцьових верстатів. Ця машина призначена для лущення проса та гречки, а також випускається для невеликих круп'яних підприємств. На її базі з деяким удосконаленням створені лущильні машини для комплектних крупозаводів АКП-0,5. Внесено невеликі зміни в живильний механізм, підвіски дек, аспіраційний стовпчик і ряд інших, однак принципова її конструкція не змінилася.

Машина має зварену станину *4*, у якій змонтовані робочі органи, змінні барабани та деки *1*, механізм харчування *6*, привід, аспіраційний стовпчик і повітряні канали, що підводять, допоміжні пристрої.

Зверху на верстаті встановлений приймальний патрубок *5*, під яким міститься живильний механізм *6*, який складається із бункера з лотком і щілинним затвором, виконаного у вигляді валика, половина якого зрізана по діаметру, продуктивність машини залежить від розміру щілини, регулювання якого роблять шляхом повороту ручки, посадженої на валик затвора.

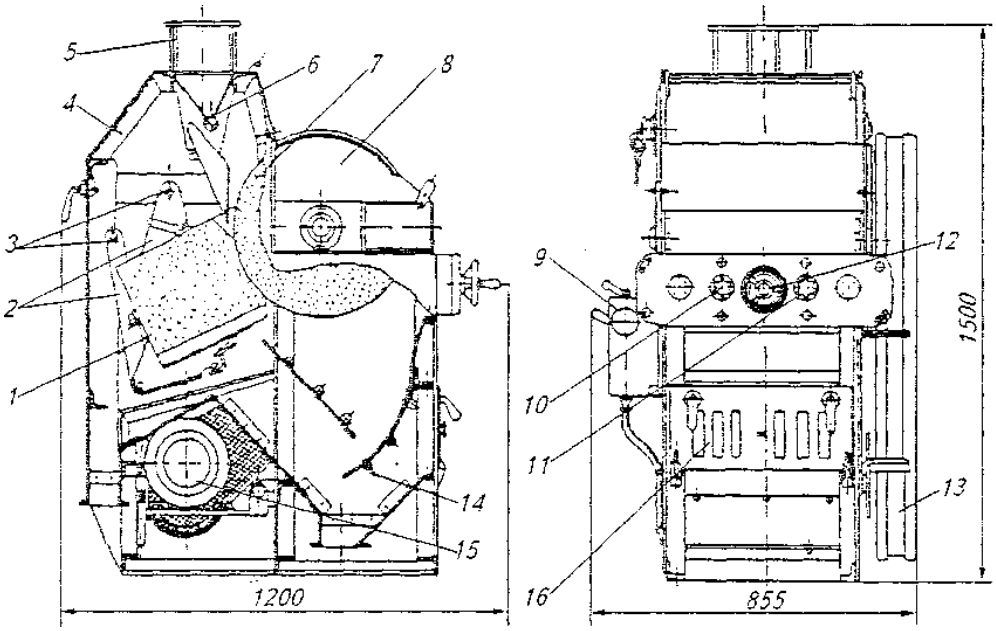


Рис. 7.2. Лущильна машина ЗМШ:

1– дека; *2*– підвіски деки; *3*– пальці підвісок; *4*– станина; *5*–приймальний патрубок; *6*– живильний механізм; *7*– барабан; *8*– кожух барабана; *9*– розподільний ящик; *10,11*– гвинти для установки деки паралельно осі барабана; *12*– маховичок для регулювання зазору; *13*– огородження клинопасової передачі; *14* – аспіраційний стовпчик; *15* – привідний двигун; *16* – дверцята

Барабан *7* зверху закривається швидкознімальним кожухом *8*. До бічних стінок машини приварені пальці *3*, на які надіто підвіски *2*. До підвісок кріплять деку *1*. Зазор між барабаном і декою регулюють у дві стадії:поворотом спеціальних гвинтів *10* і *11* (лівого і правого на передній стінці станини) установлюють деку паралельно осі барабана;обертанням маховика *12*, розташованого між лівим і правим гвинтом на передній стінці станини, деку наближають до барабана або видаляють від нього.

Для лущення гречки встановлюють абразивний барабан і абразивну деку; для лущення проса корундовий барабан і гумова дека.

Для контролю роботи машини й доступу до робочих органів попереду і позад машини є дверцята*16*.

Привід машини здійснюється від електродвигуна *15*, закріпленого усередині станини на хитній плиті. Обертання барабану здійснюється через клинопасову передачу *13*.

Основні параметри вальцедекової машини ЗМШ наведені в загальній таблиці 7.2 – технічні характеристики вальцедекових верстатів.

Вальцедековий верстат СГР-400 випускається Хорольским механічним заводом разом з "Агросимомашбуд" для круп'яних підприємств невеликої потужності, а також для комплектації комплектних крупозаводів. Робочі органи даного верстату (деки і барабан) аналогічні машинам ЗМШ. У конструкції верстата (рис. 7.3) внесено ряд удосконалень, і зокрема приймального пристрою, з огляду на те, що мінімальна довжина барабану (400 мм) більше, ніж у верстатах ЗМШ (250-300 мм).

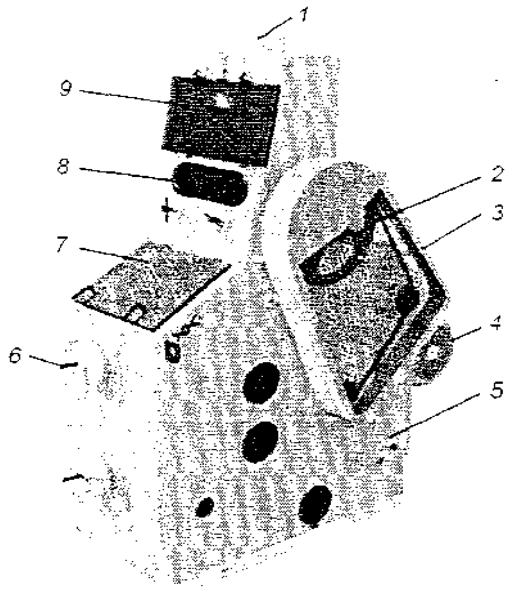


Рис. 7.3. Вальцедековий верстат СГР-400:

1 – приймальний патрубок; *2*–привід живильного валика; *3*– огородження; *4*–привідний електродвигун; *5*– корпус; *6*– регулювальні механізми; *7*– верхня фортка; *8*– вікно оглядове; *9* – фортка приймально-розподільного пристрою

Верстат складається з корпусу*4* із приймальним пристроєм *19* і магнітним стовпчиком, у якому встановлений циліндричний живильний валик з регулюючою заслінкою. Доступ до магнітів, валика та заслінки здійснюється через відкидну фортку *9*. Привід живильного валика здійснюється ланцюговою передачею *2*, *3* з натяжкою зірочкою.

У центрі корпусу змонтовано зйомний абразивний валок, діаметрально до якого із зазором установлена дека, закріплена за допомогою шарнірно-важільних механізмів, що дозволяють регулювати кут нахилу деки і величину зазору між декою і валком. Механізми регулювання *6* виведені за межі машини. На виході встановлені скатні площини й вихідний конус. Усередині корпусу також змонтовано аспіраційний канал для часткового відбору лузги.

Робоча поверхня валка і деки – абразивні. Верстат випускається із залитою абразивною масою валка і деки.

Основні показники, габаритні й вагарні характеристики вальцедекових верстатів наведені в таблиці 7.2.

Комплектні лінії й крупозаводи для переробки проса і гречки "Станкинпрома" оснащуються вальцедековими верстатами їхнього власного виробництва й по конструкції незначно відрізняються від розглянутих вище.

Таблиця 7.2

Технічна характеристика вальцедекових верстатів ЗМШ і СГР-400

Показники	ЗМШ	СГР-400
Продуктивність, т/год	1,0-1,4	1,2-2,2
Діаметр барабана, мм	500	600
Довжина барабана, мм	250-300	400
Частота обертання барабана, об/хв	500-560	400
Колова швидкість барабана, м/с	13,0-14,0	12,5-13,0
Витрата повітря, $м^3$/год	10-12	12-15
Установлена потужність, кВт	3,0	5,5
Габарити, мм:		
довжина	1200	1400

ширина	805	680
висота	150	1360
Маса, кг	570	900

7.3. Лущильно-шліфувальні машини

Лущильно-шліфувальні машини типу ЗШН одержали широке поширення як на промислових крупозаводах, так і на заводах невеликої продуктивності, у тому числі комплектних. Машини ЗШН відрізняються великою універсальністю і використовуються у всіх галузях зернопереробки. Основне їхнє призначення – це лущення, шліфування і частково – полірування круп'яних культур, у яких оболонки міцно зрослись із ядром.

На млинах вони застосовуються для лущення пшениці при оббійних помелах і житі при сортових помелах, забезпечуючи зниження зольності до 0,06%. При цьому використовуються абразивні кола зернистістю 80 одиниць. На комбікормових заводах вони використовуються в лініях підготовки ячменю. При цьому, використовуються кола із зернистістю 125 одиниць. На крупозаводах машини ЗШН широко використовують на лущенні при виробленні круп із ячменю, пшениці та гороху і на шліфуванні цих же видів круп, а також при виробництві пшона. При цьому на лущенні використовуються шліфувальні кола зернистістю 80 одиниць, напівшліфуванні – 100 одиниць, а при поліруванні круп – 80 одиниць. Аналогічне застосування ці машини мають і на комплектних крупозаводах, для яких створені спеціальні типорозміри цих машин. Слід зазначити, що машини ЗШН відрізняються порівняно високою енергоємністю та невеликою продуктивністю, що обумовлено досить витратними і трудомісткими процесами лущення і шліфування.

Лущильники типу АЛ-ЗШН невеликої потужності (як і промислові) випускають кілька заводів на Україні і в Росії. Вимогам комплектних заводів відповідає лущильник А1-АКЗ-02, що випускається об'єднанням "Мельинвест" у декількох модифікаціях. На рис. 7.4, *а*, *б*представлені його функціональна і конструктивна схеми, а на рис. 7.4,*в*– зовнішній вигляд.

Принцип обробки сировини в машині заснований на одночасному терті їх об обертові абразивні кола і нерухомий перфорований циліндр, а також за рахунок тертя між собою.

Ситовий циліндр машини *6* встановлений у корпусі *5* робочої камери, вал з абразивними колами обертається у двох підшипникових опорах *4* і *12*. У верхній частині він пустотілий і має шість рядів отворів, по вісім отворів у кожному ряді.

На машині встановлені приймальний *7* і випускний *8* патрубки. Останній обладнаний пристроєм для регулювання тривалості обробки продукту – трубопровід, що відводить, його прикріпляють до фланця патрубка, установленого в зоні кільцевого каналу (для борошенця) корпуса *2*. Привід машини – від електродвигуна через клинопасову передачу *11*. У нижній частині корпуса, на відміну від лущильника А1-ЗШН-3, вбудовано вентилятор, ротор *11* і корпус *10* якого добре видний на рис. 7.4, *б*.

Вихідним отвором вентилятор з’єднується із циклоном, у якому осаджуються легкі частки і борошенце.

Зерно, яке підлягає обробці, пройшовши магнітний стовпчик, через приймальний патрубок надходить у простір між обертовими абразивними колами та нерухомим ситовим циліндром *6*. Тут завдяки інтенсивному тертю при просуванні зерна до випускного патрубка *8* відбувається відділення оболонок, основна маса яких через отвори ситового циліндра і далі через кільцеву камеру віддаляється з машини вентилятором *VII* в циклон *IV*.

За допомогою клапанного пристрою, розміщеного у патрубку *8* регулюють не тільки кількість продукту, що випускає з машини, але і час його обробки, продуктивність машини та технологічну ефективність процесу лущення, шліфування та полірування.

Повітря всмоктується через пустотілий вал і наявні в ньому отвори, проходить через шар оброблюваного продукту. Разом з оболонками і легкими домішками через ситовий циліндр він надходить у кільцеву камеру і далі направляється вентилятором в аспіраційну систему. Недостатня частина повітря для видалення оболонок з кільцевої камери підсмоктується через регульовані щілини патрубка, розміщеного із протилежної сторони патрубка *8*.

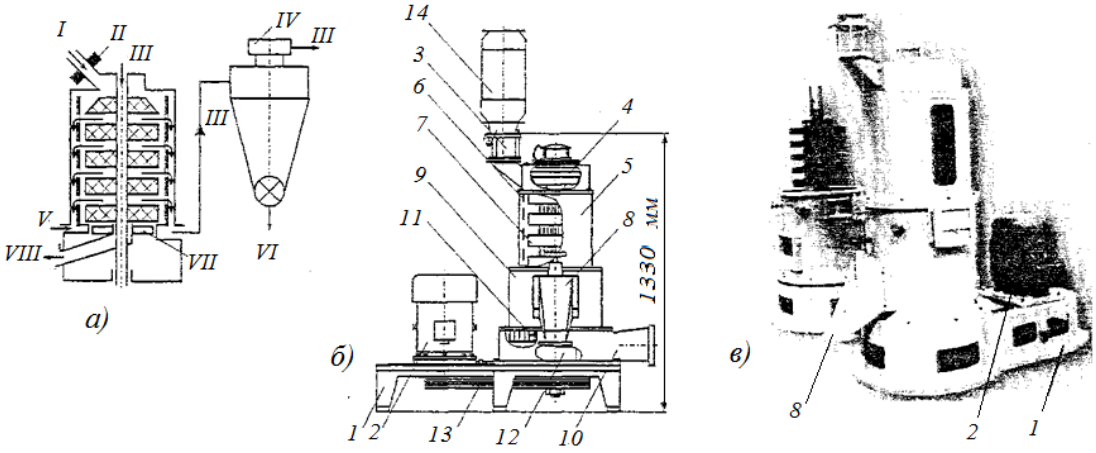


Рис. 7.4. Лущильно-шліфувальна машина А1-АКЗ-02:

а–функціональна схема; *б* – конструктивна схема; *в*– зовнішній вигляд; *I*– надходження продукту; *II*– магнітний захист: *III*– повітря; *IV*– циклон; *V*– додаткове підсмоктування повітря; *VI*– відходи; *VII* – вбудований вентилятор; *VIII*– вихід продукту; *1*– рама; *2*– електродвигун; *3*– патрубок приймальний; *4*– опора верхня; *5*– корпус; *6*– циліндр ситової;*7*– вал з абразивними колами; *8*– патрубок випускної; *9*– підстава; *10*– корпус вентилятора; *11*– ротор вентилятора; *12*– опора нижня; *13*– клинопасова передача; *14*– стовпчик магнітний

Однією з найпоширениших несправностей є підвищена вібрація машини, що відбувається через зношування абразивних кіл. Велике їх зношування приводить і до зменшення інтенсивності обробки. Тому, за станом кіл необхідно ретельно стежити і вчасно заміняти їх. Для цього знімають кришку і послабляють гайку затяжної втулки підшипника. Потім за допомогою болтів, вкручених в отвори кришки, знімають кришку разом з корпусом підшипника. Послабивши стопорні болти, знімають із вала опорну втулку і. користуючись знімачем, виймають абразивні кола. При заміні перфорованого циліндра необхідно звільнити від кріплення тільки одну кришку, зняти її, а потім через кільцеву щілину, що утворилася, вийняти циліндр.

Лущильно-шліфувальні машини можуть поставлятися за узгодженням зі споживачем у різних виконаннях: з колами зернистістю 80 для лущення пшениці та жита, а також полірування

крупи; з колами зернистістю 100 для шліфування крупи; з колами зернистістю 80 для полірування крупи; з колами зернистістю 125 для комбікормових заводів.

Аналогічні лущильно-шліфувальні машини (рис. 7.5) для підприємств малої потужності під маркою ЗШН рекомендуються для лущення ячменю, пшениці та гороху на крупи і ячменю на комбікормових заводах малої потужності. Хорольский механічний завод випускає лущильно-шліфувальні машини МШХ (рис. 7.5) для обробки ячменю, пшениці, кукурудзи, гороху іпроса, призначені також для підприємств малої потужності. Конструкції їх принципово не відрізняються від раніше розглянутих. Всі вони зберігають конструктивну базу машин ЗШН і відрізняються тільки окремими конструктивними елементами та дизайном. У зв'язку із цим приводиться їх загальний вид. а в загальній таблиці 7.3– основні параметри, вагові і габаритні характеристики.

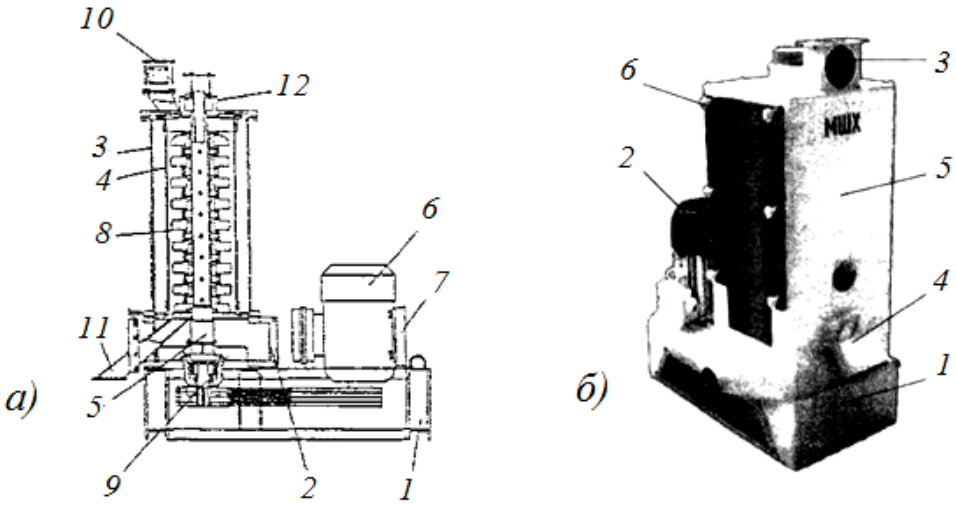


Рис.7.5.Лущильно-шліфувальні машини:

а – ЗШН: 1 – рама; 2 – корпус вентилятора; 3 – зовнішній циліндр; 4 – перфорований циліндр; 5 – механізм обертання; 6 – електродвигун; 7 – кронштейн; 5 – абразивні кола; 9 – крильчатка вентилятора; 10 – прийомний патрубок; 11 – випускний патрубок; 12 – підшипникові опори; б – МШХ: 1 – основа; 2 – електродвигун; 3 – приймальний патрубок; 4 – випускний патрубок; 5 – корпус; 6 – дверцята

Шліфувальна машина «Бланкостар ТМ» DSRD (рис. 7.6) виробляється фірмою «Бюлер АГ» Швейцарія. Вона призначена для шліфування ячменю, риса, гороху тощо, коли до чистоти вихідного продукту пред'являються такі самі високі вимоги.

Машина має вертикальне виконання і складається із корпусу *5*, установленого на опорах *4* і *13*. Знімальна кришка *6* дозволяє здійснювати вільний доступ до робочих органів машини. Вертикально до корпусу закріплений електродвигун *10*, від якого завдяки багаторучевої клинопасової передачі, вкритою огородженням *9*, обертальний рух передається робочому органу – шліфувальному ротору.

Таблиця 7.3

Технічна характеристика лущильно-шліфувальних машин

Показники	Модель		
	А1-АКЗ-0,2.04	ЗШН	МШХ
Продуктивність, кг/год	400-800	1000-1200	800-1800
Зниження зольності при лущенні пшениці, ячменя, жита, %	0,05-0,06	0,05-0,06	0,05-0,06
Збільшення битих зерен	2	2	0
Коефіцієнт лущення (пшениця, ячмінь, горох), %	75-80	75-80	75-80
Діаметр абразивних кіл, мм	250	250	250
Число кіл, шт	4	8	8
Діаметр ситового циліндра, мм для пшениці, ячменя, гороху для проса	 270 260	 272; 282 282	 270 -
Частота обертання ротора, об/хв	1460	1460	1460
Установлена потужність, кВт	7,5	22,0	11.0
Витрата повітря, $м^3$/год	900	920	900
Габарити, мм:			
довжина	1400	1420	1450
ширина	820	860	700

висота	1330	1590	1450
Маса, кг	530	800	450

Таблиця 7.4

Основні технічні дані машини «Бланкостар ТМ»DSRDдля шліфування гороху

Продуктивність, т/год	0,6 – 0,7
Колова швидкість барабана, м/сек: внутрішнього	6 – 8,5
зовнішнього	1,5 – 2,0
Розміри барабана, мм.: діаметр довжина	 750 2500
Потужність електродвигуна, кВт	3,5

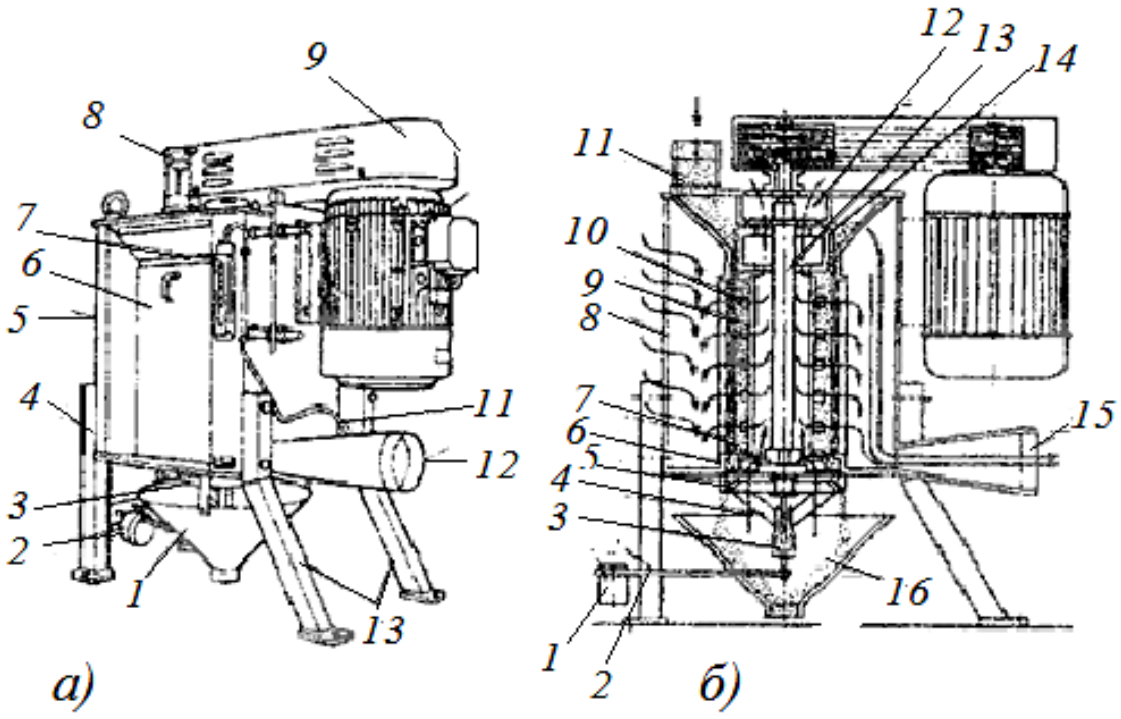


Рис. 7.6. Шліфувальна машина «Бланкостар ТМ» DSRD:

а– загальний вигляд: *1,3* – конуси; *2* – вантажі; *4,13* – опори; *5* – корпус; *6* – кришка; *7* – мікроманометр; *8* – живильний патрубок; *9* – огорожа; *10* –

електродвигун; *11* – шланг; *12* – труба; *б* – схема шліфування: *1* –вантаж; *2* – важіль; *3* – втулка; *4* – конус; *5* – кільцевий отвір; *6* – циліндрична частина ротора;*7* –перфорований циліндр; *8* –кришка; *9* – ротор; *10* – диск; *11* – живильний патрубок; *12*– аспіраційні отвори; *13*– вал; *14*–розподільчий диск; *15* – аспіраційна труба; *16*– збірник

На кришці машини встановлений живильний патрубок *8*, через який надходить ядро, яке належить шліфуванню. Відшліфовані ядра відводяться через конус *1*, який розташований зрізаною вершиною, яка направлена вверх. Конус *3* може переміщуватися вертикально вверх шарнірно закріпленим важелем з вантажами *2*. Плівки та інші легкі домішки виводяться в аспіраційну мережу через трубу *12*. Розрідження в трубі вимірюється мікроманометром *7*, який з'єднаний з трубою *12* гнучким шлангом *11*.

Через оброблений продукт проходить повітря, яке поступає через отвори в плексигласових кришках *8* (рис. 7.6, *б*) корпусу машини. Разом з пилом, квітковими плівками і оболонками від зерна повітря всмоктується в аспіраційну трубу *15*.

Оброблюваний продукт виводиться із робочої зони в збірник *16* через кільцевий отвір *5*, яке утворюється обертаючою циліндричною частиною *6* ротора і конусом *4*. Конус кріпиться на втулці *3* і може перемішуватися вертикально завдяки вантажу *1*, який підвішений на важіль *2*. Вантаж врівноважується стовпом обробленого продукту.

7.4. Відцентрові лущильні машини

Відцентрові лущильні машини відносяться до машин ударно-інерційного принципу дії та в технології комплектних крупозаводів малої потужності використаються в основному в процесі переробки вівса. У комплектних заводах при переробці вівса використовуються відцентрові лущильники малої продуктивності технологічного устаткування, що випускають поряд з іншими видами, розробленого спеціально у комплекті цих установок.

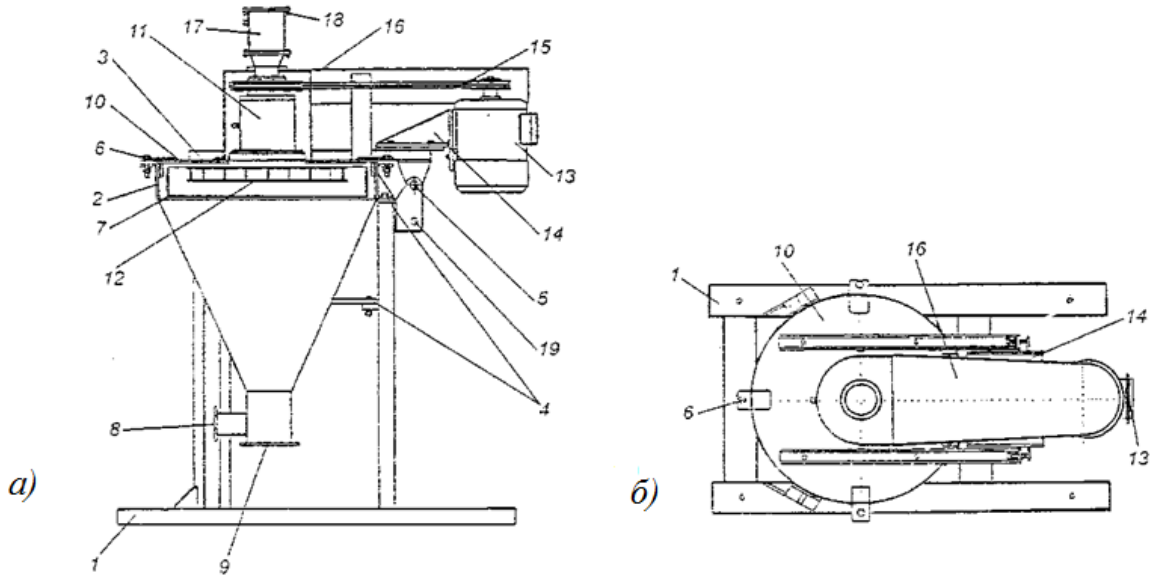


Рис. 7.7. Лущильник відцентровий Я.31.198:

1– несуча рама: *2*– корпус: *3*–плита поворотна; *4,6*– болти; *5*– вісь; *7*– кільце відбійне; *8*– оглядовий люк: *9*– випускний патрубок; *10*– плита; *11*– механізм обертання; *12*– крильчатка; *13*– електродвигун; *14*– кронштейн: *15*– клинопасова передача: *16*– огородження; *17*– магнітний сепаратор; *18*– приймальний патрубок; *19*– опора

Пристрій лущильника Я.31.198 продуктивністю 300-400 кг/год показано на рис. 7.7. У верхній частині лущильника на приймальному патрубку встановлений магнітний апарат *17*, Під приймальним патрубком на плиті *10* лущильника вмонтована порожня опора, на підшипниках якої змонтована крильчатка *12* (ротор), що приводить клинопасовою передачею *15* від електродвигуна *13*.

На відміну від лущильників такого типу ФС-400/2 і ШО-3, розглянутий лущильник має верхній привід, що менш вдало з погляду конструктивного рішення й компонування машини. Привідний двигун *13* монтується до кронштейна *14*, що встановлюється на осі *5* і має можливість відхилятися по годинній стрілці при натягу ременів.

Це рішення не можна визнати вдалим, тому що змінюється положення ременів з відхиленням від горизонталі, а шків ротора, не міняючи положення, викличе підвищене зношування ременів. Ротор (крильчатка) *12* з опорою та плитою *10*, легко знімається з видаленням

болтових з'єднань *6* на трьох опорах. Корпус лущильника*2* монтується на стійках до звареної рами *1*. У циліндричній частині корпусу (внутрішнього) установлене відбійне кільце *7*, що виконує роль нерухомої робочої деки. Конічна частина корпуса закінчується випускним патрубком *9*. У нижній частині корпусу є також патрубок *5* для контролю продукту. Подача продукту регулюється за допомогою механізму обертання *11*, що змінює кільцевий зазор подачі продукту в машину. Овес, що підлягає лущенню, подається на магнітний апарат *17*, де віддаляються металомагнітні домішки і далі через порожню опору надходить на швидкообертальну крильчатку *12*, де підхоплюється лопатями, розганяє і ударяється об нерухому металеву деку. У результаті удару і частково тертя оболонки відокремлюються від ядра. Лущення вівса на машинах цього класу досягає 85-90% при збереженні цілісності ядра 0.96-0.97. Після лущення продукт через отвір у нижній стінці подається в збірний конус і далі у випускний патрубок *9*. Параметри лущильника наведені в загальній таблиці 7.5.

Відцентровий лущильник ФС 400/2 (рис.7.8) ударно-фрикційні принципи дії фірми ММВ призначений для лущення вівса на підприємствах невеликої потужності. Робочими органами його є швидкообертальний ротор і рухлива дека. Ротор, виконаний у вигляді лопатевого диска *3* з ударними лопатами (пластинами) *4*змонтований на вертикальному валу *7* і приводиться в обертання від електродвигуна *10* через плоско передачу з варіативним шківом *12* на електродвигуні. Число обертів ротора регулюється в межах 1600-2900 об/хв механізмом переміщення електродвигуна *10*.

Рухлива дека *2* має власний привід *9* і робить значно менше число оборотів у протилежному напрямку. Ротор змонтований у корпусі, закритому верхньою кришкою із приймальним патрубком *15* зі скляною вставкою. У корпусі є відкидна дверка, нижньою своєю частиною він опирається на станину *16*, на якій на напрямних змонтований приводний електродвигун *10* і натяжний пристрій *11*. На станині є жалюзійні ґрати для підсмоктування повітря. У кришці корпуса встановлений механізм регулювання подачі продукту *1*, що гвинтовими парами переміщає диск *14* по вертикалі, регулюючи кільцевий зазор для подачі продукту в зону лущення. Під рухливим диском установлений піддон з перегонами для переміщення продукту

до випускного патрубка *13*, на якому є лючок для відбору проб продукту.

При надходженні продукту на лущення механізмом *1* установлюється необхідна подача. Нелущеный овес надходить на швидкообертовий диск *3* і відцентровими силами лопатами *4* відкидається на обертову кільцеву деку. У результаті ударної й фрикційної дії оболонка відокремлюється від ядра; продукт після лущення виходить у кільцевий зазор, збирається й направляється у випускний патрубок *13*.

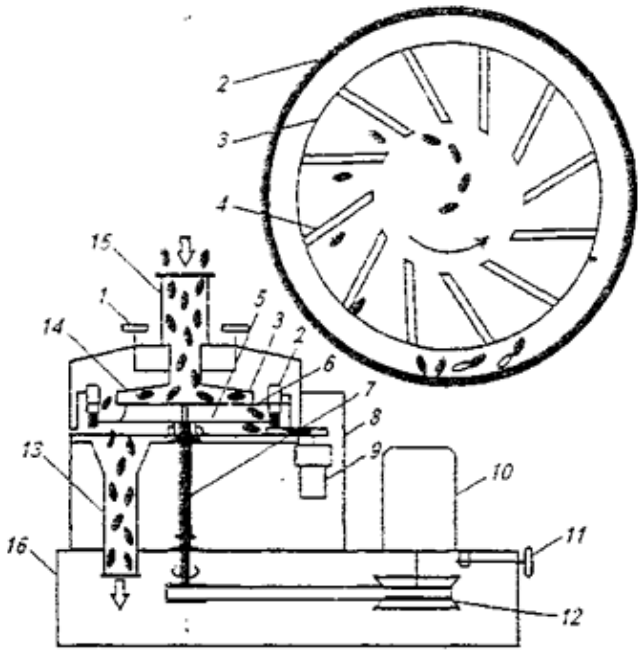


Рис. 7.8. Відцентровий шелушитель ФС 400/2:

1– механізм регулювання подачі продукту; *2*– рухлива дека (відбивне кільце); *3*– лопатевої диск; *4*– ударна лопата; *5* – піддон; *6*– вихід продукту після лущення; *7*– вертикальний вал; *8*– корпус; *9*– привід рухливої деки;*10*– електродвигун; *11*– натяжний пристрій; *12*– передач-варіатор; *13*– випускний патрубок; *14*– верхній рухливий диск; *15* – приймальний патрубок; *16* – станина

Механізм переміщення деки за задумом фірми зменшує її зношування і підвищує довговічність. Однак слід зазначити, що порівняльні випробування лущильників ЦШ-2 з нерухомою декою і

ФС 400/2 не виявили істотних переваг такого технічного рішення. Показники їх по ефективності лущення (88-90%) цілісності ядра (0,97-0,96) надійності та довговічності цілком порівнянні.

Відцентровий лущильник ШО-3 випускається Хорольским механічним заводом. Принципово конструкція лущильника ШО-3 (рис. 7.9) аналогічна раніше розглянутим, робочими органами його є нерухома дека, ташвидкообертальний ротор, який змонтовано всередині корпуса *7*. Висота лущильника зменшена за рахунок видалення збірного конуса і висновку лущених продуктів через патрубок, з'єднаний з отвором у нижній стінці лущильної камери. Машина відрізняється невеликими габаритами та гарним дизайном. Основні параметри лущильника наведені в загальній таблиці 7.5.

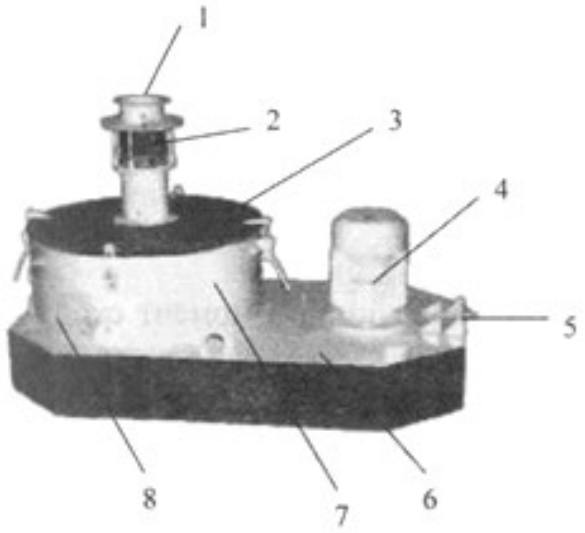


Рис. 7.9. Відцентровий лущильник ШО-3:

1 – приймальний патрубок; *2*– скляна оглядова вставка; *3*– кришка; *4*– станина; *5* – привідний електродвигун; *6*– натяжний пристрій; *7*– корпус; *8*– відкидний люк

Таблиця 7.5

Технічна характеристика відцентрових лущильників

Показники	Модель		
	Я.31.198	ФС 400/2	ШО-3
Продуктивність, кг/год	300-400	1000	1000-2500

Ефективність лущення, %	80-85	80-90	80-85
Діаметр ротора, мм	488	480	500
Діаметр відбивного кільця, мм	560	570	550
Частота обертання ротора, об/хв	-	1600-2900	2000-2500
Колова швидкість ротора, м/с	36		-
Установлена потужність. КВт	3,0	-	3,0
Споживана потужність. квт	-	2.45	-
Габарити, мм:			
довжина	1200	1512	1200
ширина	725	670	690
висота	1640	1220	770
Маса, кг	600	405	280

7.5. Лущильники з гумовими валками

Лущильники з гумовими валками використовуються в основному для лущення рису, у той же час вітчизняні машинобудівники комплектних крупозаводів для переробки рису не випускають. Виключення в рамках країн СНД, як ми вже відзначали, становить "Станкинпром". г. Харків, що має у своїй виробничій програмі лінію переробки рису "Харків'янка 5000КР" продуктивністю 5000 кг/год. Ці установки вже не ставляться на підприємствах малої потужності, а менші по продуктивності випускати економічно невиправдано. Необхідно також відзначити, що лінія 5000КР багато в чому комплектується імпортним устаткуванням фірми ММВ Німеччина, що раніше по міжнародній спеціалізації країн-членів СЭВ поставляла велику кількість круп'яних машин, і особливо для обробки рису (лущильні та шліфувальні машини різного типу, падді-машини тощо). У комплект лінії 5000КР включені: лущильники з гумовими валками ГС А-10, верстати шліфувальні ССМ-1000Б. Фрикційні шліфувальні верстати ФСМ1-400. а серед машин, що сепарують, –падді-машина ТА/1 - 3×13.

Пристрій і основні параметри цих машин є у вітчизняній спеціальній літературі, тому тут наведені тільки основні параметри й короткі відомості про лущильник ГС А-10, як представнику

лущильних машин з гумовими валками. Серед вітчизняних конструкцій машин цього типу найбільш відомий лущильник ЗРД-3, однак він не включений у комплект лінії 5000КР, оскільки їхня продуктивність в 1,5 рази менше лущильників ГС А-10.

Лущильник із гумовими валками ГС А-10 призначений для лущення рису та проса і має найбільшу продуктивність 4,5 т/год.

Корпус лущильника*9* (рис.7.10) змонтований на звареній станині *1*. У верхній частині корпуса встановлений приймальний бункер з із оглядовим вікном *6*, датчиком рівня *11* і засувкою із пневмоприводом*7*. Під приймальним бункером змонтований живильний валок *12* і заслінка *10* з рукояткою керування. Під живильним валком, у горизонтальній площині встановлені лущильні валки *13* з обгумованими бочками. Валки обертаються назустріч один одному з різними швидкостями і приводяться в рух від електродвигуна *8* з пультом керування *14*.

Повільний валок приводиться через міжвальцеву зубчасту передачу *4*. Валки змонтовані і консольний доступ до них здійснюється через дверцята 75. Лущильники підключаються до центральної аспіраційної мережі через вікно *3*.

Продукт, що підлягає лущенню, після його нагромадження направляється у приймальний бункер *5*. Візуально за цим можна стежити через вікно *3*; включається датчик і подає сигнал на привід засувки *7*, що харчує валок і привал лущильних валків. Із приймального бункера продукт надходить у приймально-розподільчий пристрій з обертовим валком і заслінкою та рівномірною стрічкою подається в міжвальцевий зазор. Після валків відлущене зерно і лушпайка збірним бункером направляються на подальшу обробку, звичайно на пневмосепарування. важливою для роботи верстата є ефективна аспірація, що здійснюється по всій довжині валків через вікно *3*.

Технічні характеристики лущильників ГСА-6 та ГСА-10 приведено в таблиці 7.6.

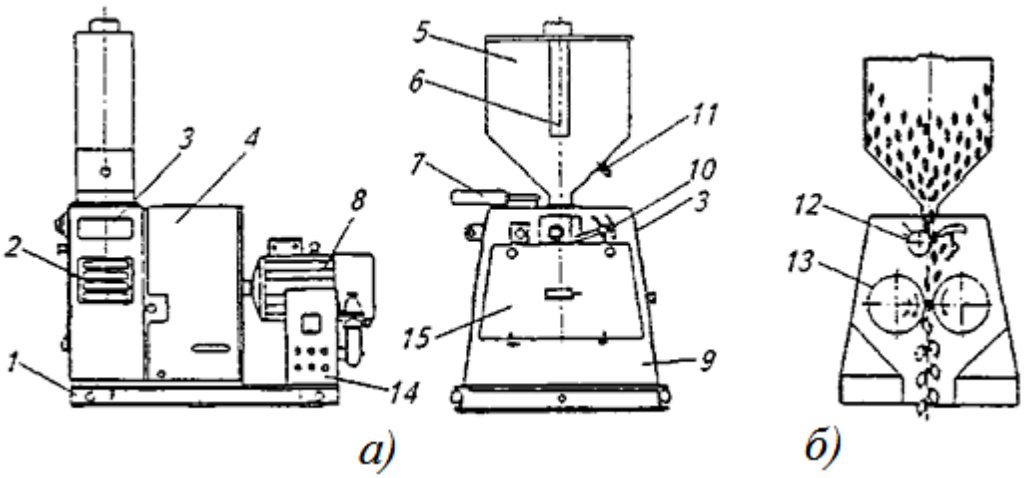


Рис. 7.10. Лущильник із гумовими валками ГС А:

а– загальний вид; *б*– схема; *1*– станина; *2*– жалюзійні ґрати; *3*– вікно для підключення аспірації; *4*– кожух міжвалъцевої передачі; *5*– приймальний бункер; *6*– оглядове вікно; *7*–пневмопривід засувки; *8*– електродвигун; *9*– корпус; *10*– засувка живильного пристрою; *11*– датчик рівня; *12*– живильний валок; *13* – лущильні валки; *14*– пульт керування; *15*– відкидні дверцята

Таблиця 7.6

Технічні характеристики лущильників ГСА-6 та ГСА-10

Показники	ГСА-6	ГСА-10
Продуктивність, кг/год	1000-2500	2500-4500
Ефективність лущення, %	до 90	до 90
Установлена потужність, кВт	5,5	7,5
Габарити, мм: довжина ширина висота	 1130 780 1430	 1230 780 1430
Маса, кг	480	500

7.6. Насіннєрушки

До машин такого типу відносяться оббивальні машини бильні, відцентрові лущильні машини та насіннєрушки. Ними лущать зерно за допомогою багаторазового удару билами (лопатями), що обертаються, або одноразового удару зернівок, що сходяться на великій швидкості з диска і ударяються об нерухому чи рухому кільцеву обичайку. Вони застосовуються для лущення вівса, соняшника, ячменю та зерна інших культур.

Бильні лущильні машини. Найпоширенішою машиною, що застосовують для лущення насіння соняшника, ячменю, вівса є бильна насіннєрушка типу МРН конструкції Кудрявцева-Васильєва. Вона застосовується на промислових та сільськогосподарських зернопереробних виробництвах.

Робочими органами машини є бильний барабан *2* із розміщеними на ньому стальними билами, та дека *4*, яка охоплює барабан по дузі 110° хвилястою поверхнею. Деку можна наближати або віддаляти від барабана, що необхідно для регулювання якості лущення.

Бильна насіннєрушка типу МРН складається з чотирьох основних вузлів: живильного пристрою, бильного барабана, деки і корпусу. До складу живильного пристрою входять: бункер *4*, живильний рифлений валик *3* і регульована заслінка *2*.

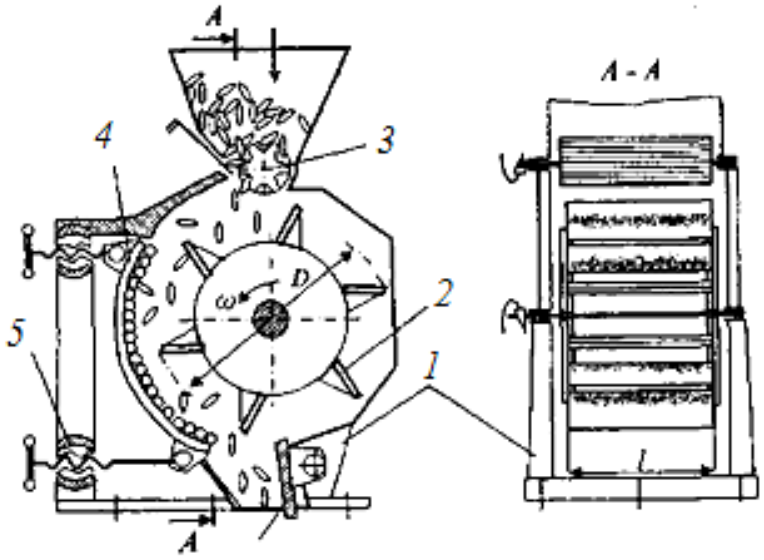


Рис. 7.11. Функціональна схема бильної насіннєрушки:

1 – корпус; *2* – барабан; *3* – живильний валок; *4* – дека; *5* – механізм регулювання зазору; *6* – відбивний щиток

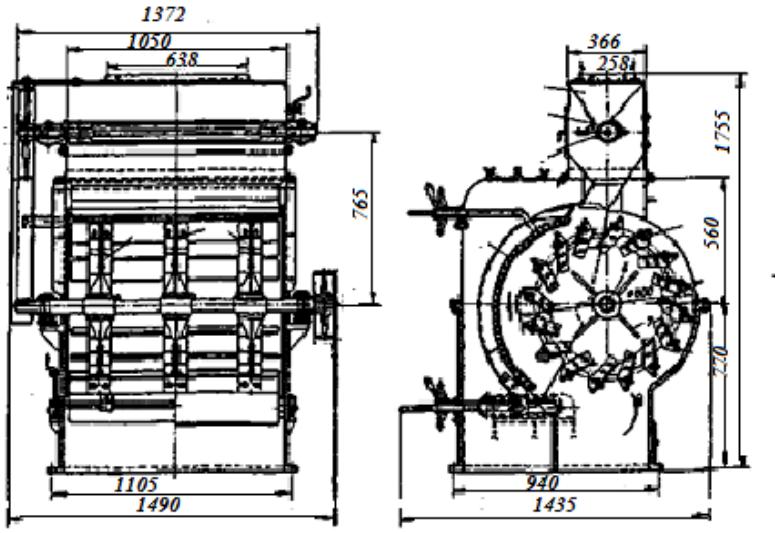


Рис. 7.12. Конструктивна схема бильної насіннєрушки:

1 – дека; *2* – заслінка; *3* – живильний валок; *4* – бункер; *5* – барабан; *6* – вал; *7* – ребра; *8* – била; *9* – механізм регулювання зазору; *10* – відбивний щиток

Призначення живильного пристрою – забезпечити рівномірний розподіл насіння по ширині робочої зони машин (довжині била).

Бильний барабан являє собою вал *6* з укріпленими на ньому трьома дисками і кронштейнами з билами *8*. Жорсткість дисків забезпечується привареними до них з обох сторін ребрами *7*. На зовнішньому поясі кожного диска приварено 16 пар кутників під кутом 55° до радіусу. До цих кутників болтами прикріплені виготовлені зі смугової сталі товщиною 10...12 мм і шириною 100 мм била *8*. Бильний барабан встановлено горизонтально в підшипниках і приводиться в обертовий рух з частотою 550...630 об/хв., що при діаметрі барабана 800 мм по зовнішнім торцям бил відповідає коловій швидкості 23 – 27 м/с. Деки роблять з чавунних колосників, що відливаються окремими секціями, кожна з яких має чотири-п'ять профілів діаметром 25 мм.

Зазор між декою і барабаном впливає на силу удару насіння об деку, і його змінюють в межах 8-80 мм в залежності від вологості і

розміру насіння. Регулювання здійснюють за допомогою спеціальних регулювальних механізмів (верхнього і нижнього).

Машина працює так. Насіння, що надходить у живильний бункер, живильним валиком рівномірно розподіляється по ширині робочої зони. Подачу насіння регулюють заслінкою. Насіння самопливом по похилій стінці живильного бункера сходить на била барабана, ударяється в них. Окремі насінини руйнуються, інші відскакують від бил і ударяються об деку: удари насіння хаотично повторюються на протязі всього часу перебування його в робочій зоні. Оскільки окремі насінини розрізняються між собою властивостями, зокрема міцністю, то деяка частина їх внаслідок багаторазових ударів не тільки лущиться, але й руйнується. Рушанка, що утворилася (суміш ядра, лузги, цілих необрушених насінин, часточок ядра), виводиться з машини через вихідне вікно між декою і відбивним щитком *10*.

Таблиця 4.5

Технічна характеристика насіннєрушки МНР

Назва показника	Величина
Продуктивність по насінню, т/добу	50-60
Потужність приводу, кВт	5,1
Склад рушанки, не більше, %:	
ціле і недорушене насіння	25
олійного пилу	9
січки	15
Габаритні розміри, мм :	
довжина	1490
ширина	1435
висота	1755
Маса, кг	1380

Недоліками бильної лущильної машини типу МРН є неупорядкований рух насінин в машині, не нормоване число повторних ударів об деку та била (від 8 до 20), неоднакова сила удару бил по насінинам, що визначає відносно низькі якісні показники її роботи і робить процес лущення некерованим.

Розрахунок бильної насіннєрушки

Продуктивність насіннєрушкиQ, кг/год., визначають за формулою:

$$Q=3600 \cdot z \cdot l \cdot q, \qquad (7.3)$$

де: z = 8...16 – число бил, шт;

l– довжина била, м;

q– 0,02...0,044 –погонне питоме навантаження на било, кг/(м·с)

За заданою продуктивністю із виразу (7.3) визначають довжину била, м:

$$l = Q/(z \cdot q) \qquad (7.4)$$

У першому наближенні підставляють: z = 10 шт., q = 0,02 кг/(м-с). Мінімальний діаметр бильного барабана d, м, (рис. 7.13) визначають за умови компонування бил на барабані:

$$d = z \cdot (0,5b \cdot \cos \alpha + \Delta), \qquad (7.5)$$

де: b– ширина била;

α= 40-60° – кут нахилу била, град;

Δ – відстань між проекціями бил на коло діаметра d, м.

Зовнішній діаметр барабана:

$$D = d + 2b \cdot \cos \alpha. \qquad (7.6)$$

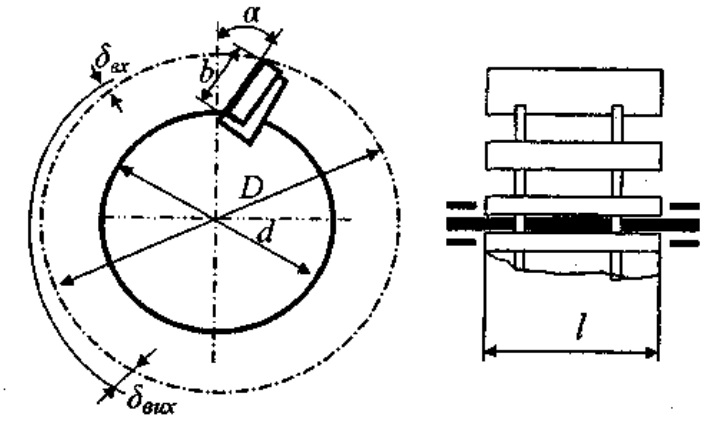


Рис. 7.13. Геометричні параметри барабана

Конструктивно вибирають: b = 0,05...0,10 м; Δ = 0,01...0,05 м. Зазор між декою і зовнішніми торцями бил на вході в зону лущення δ = 0,008....0,01 м, на виході $\delta_{вих}$ = 0,01... 0,08 м.

Частота обертання барабана, $с^{-1}$:

- при коловій швидкості $v_k = v_{kmin}$, =24 м/с

$$n_{min}, = V_{kmin}/(\pi D) = 24/(\pi D); \quad (7.7)$$

- при коловій швидкості $v_k = v_{kmin}$, =32 м/с

$$n_{max}, = V_{kmax}/(\pi D) = 32/(\pi D); \quad (7.8)$$

Потужність для приведення насіннєрушки в дію N, кВт, розраховують за формулою:

$$N = K\cdot(N_{лущ}+N_{пов}+N_{руш}), \quad (7.9)$$

де:K = 1,15...1,20 – коефіцієнт, який враховує витрати енергії на приведення в рух живильного механізму;

$N_{луш}$– потужність, яка витрачається на лущення насіння, кВт:

$$N_{лущ}= 0,14\cdot 10^{-15\cdot} n^2_{max}\cdot D^2\cdot Q; \quad (7.10)$$

$N_{пов}$ – потужність, яка витрачається на подолання опору повітря, кВт:

$$N_{пов}=0,95\cdot 10^{-7\cdot} D^3\cdot n^3_{max}\cdot l\cdot\alpha; \quad (7.11)$$

$N_{руш}$– потужність, яка витрачається для надання швидкості лущеному насінню, кВт

$$N_{руш}=0,257\cdot 10^{-5} D^2 n_{max}\cdot Q. \quad (7.12)$$

Відцентрові лущильні машини. До таких машин відноситься насіннєрушка конструкції Причини –Кошевого– Бондарева, живильний бункер якої має конусний ковпак і тарілку. На вертикальному валу зверху кріпиться розподільчий диск, що має на

кінцях прорізи. Розподільчий диск оточено відбивним диском. Щілина, що утворюється між ними, є живильною щілиною, через яку проходить насіння. Розмір цієї щілини можна регулювати, змінюючи товщину регулювальної шайби. На цьому ж валу кріпиться ступиця, на якій кріпляться бичі. Бичі оточені циліндричною декою, на внутрішній поверхні якої нарізана трапецоїдна різьба. Зазор між бичами і декою складає лише 10 мм на сторону. Насіння, що надходить в живильний бункер, за допомогою конусного ковпака і тарілки направляється на розподільчий диск, потім, проходячи повз живильну щілину, насіння попадає на кінці лопаток, що обертаються. При ударі лопаток по насінинам їх оболонка розколюється і рушанка (облущене зерно) відкидається на деку. Якщо при зустрічі із лопаткою лущення насінини не відбулося, то ця насінина може бути облущена при повторному ударі об деку, так як вона відкидається лопаткою з великою швидкістю.

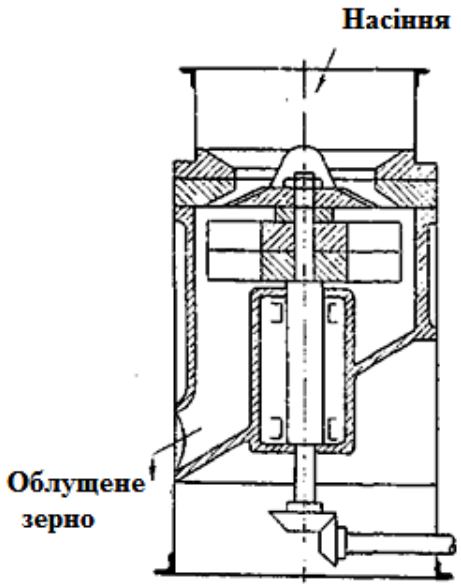


Рис. 7.14. Насіннєрушка конструкції Причини – Кошевого– Бондарева

Зерно, що потрапило на деку, завдяки трапецоїдній різьбі та силі гравітації, відбивається до низу і таким чином виводиться із зони лущення. Відстань між бичами і декою в даній конструкції незмінна,

тому якість роботи насіннєрушки регулюється тільки шляхом зміни числа обертів лопаток, для цього використовується варіатор.

Аналізуючи конструкцію і роботу цієї насіннєрушки, можна відмітити такі позитивні якості: машина має переваги перед бильною в тому, що насіння тут піддається тільки двократному удару (об лопатку та деку), що зменшує кількість утворюваної січки; має малі габарити при порівняно високій продуктивності. Поряд з позитивними якостями насіннєрушка має недоліки: можливе повторне лущення (при другому ударі об деку); із-за залежності питомої роботи лущення від розміру насіння, машину не можна відрегулювати так, щоб лущилось все насіння, відповідно, в облущеному насінні завжди буде січка і недоруш; трапецоїдна насічка на внутрішній поверхні деки створює неоднакові удари насіння об неї.

У сучасних зернопереробних виробництвах для лущення вівса і насіння соняшнику застосовують відцентрові лущильні машини. В конструкції лущильної машини відцентрової дії реалізується тільки один удар зерна об деку. Робочими органами машини є диск *1* з лопатками (радіальними, або криволінійними) і конічна дека *2*. Зерно із живильного бункера проходить через регулювальний пристрій і надходить в центр диска. Під дією відцентрової сили зерно, рухаючись по лопатках від центру до його периферії, розганяється відцентровими силами і сходять з лопаток з великою швидкістю. Пролітаючи зазор між декою і ротором, зернівки ударяються об деку, де і облущуються. Облущене зерно (насіння) падає вниз, чому сприяє нахил деки, і виводяться по лотку з машини. Згідно з даними експлуатації відцентрових машин, рушанка має вищу якість в порівнянні з рушанкою, отриманою в бильній насіннєрушці.

На якість роботи відцентрової лущильної машини великий вплив має число обертів ротора, яке повинно регулюватися з точністю до 10 об/хв. Ці машини застосовуються обмежено в нашій країні та широко в олійному та круп’яному виробництві зарубіжних ліній.

Конструкція відцентрової лущильної машини німецької фірми «MIAG» відрізняється від зображення на рисунку 7.15 декою, яка виконана у вигляді обичайки з механізмом для циклічних підйомів і спусків (з частотою 9 циклів за хвилину).

Завдяки спеціальному пристрою обичайка може здійснювати вертикальні переміщення (без її обертання навколо вертикальної осі хоча відомі пристрої з обичайкою, що обертається). При двократному пропуску зерна вівса через машину коефіцієнт лущення складає 92-95 %, в залежності від колової швидкості ротора.

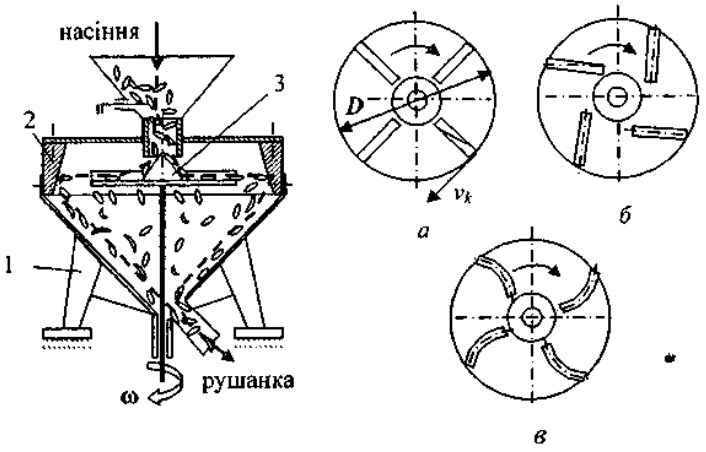


Рис. 7.15. Схема відцентрової лущильної машини:

а, *б*– з радіальними лопатками, *в*– з криволінійними лопатками; *1* – рама; *2* – дека; *3* – диска

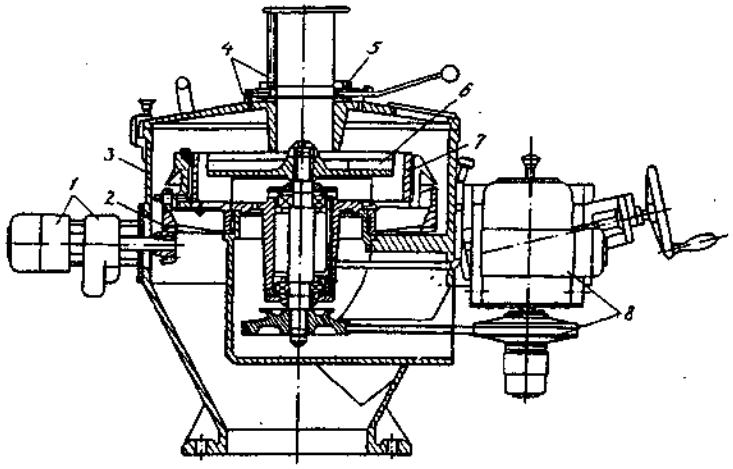


Рис. 7.16. Відцентрова лущильна машина в розрізі:

1 – електродвигун; *2* –механізм циклічних рухів обичайки; *3* – корпус; *4* – кришка з патрубком; *5* – живильний пристрій; *6* – ротор; *7* – обичайка; *8* – електропривід з варіатором швидкостей

Робочий процес в розглянутих вище відцентрових лущильних машинах досить складний. Він залежить від ряду факторів, головним чином із різною крупністю зернівок, а відповідно і їх масою, а також від напрямку сили удару зернівки об поверхню обичайки. Режим роботи ротора цих машин не може бути відрегульованим до такого ступеня, щоб забезпечити диференційовано оптимальні умови взаємодії робочих органів із зерном, яке відрізняється розмірами (крупні і мілкі), вологістю, консистенцією ядра (скловидна, борошниста). Застосовувані в лущильних системах такі машини мають незадовільний коефіцієнт подрібнюваності ядра і невисокий коефіцієнт лущення зерна.

Важливим фактором, що впливає на якість лущення відцентрових лущильних машин, є напрямок удару зернівки об деку. Експериментальне встановлено, що найменше енергії витрачається на руйнування оболонки, при збереженні цілого ядра, при прямому ударі зернівки об деку. Конструкторами Кудрявцевим А.Н. та Ватутіним В.А. була запропонована конструкція відцентрової насіннєрушки зі ступінчастою декою, в якій удар наближається до прямого.

При прямому ударі кінетична енергія насіння не втрачається на тертя об деку, а витрачається на деформацію оболонки насіння, що забезпечує більш якісне їх лущення, оскільки кількість необлущених та недолущених насінин в складі рушанки зменшується.

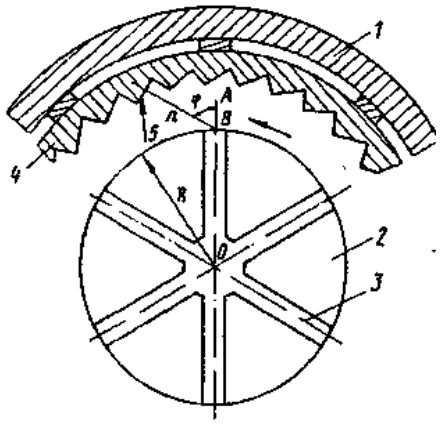


Рис. 7.17. Схема відцентрової насіннєрушки із ступінчастою декою:

1– корпус; *2*– ротор; *3*– трубки ротора; *4*– ступінчаста дека

Проте описана вище машина має суттєві недоліки: ступенева дека має зони, де умови прямого удару не можуть бути виконаними; підвищений аеродинамічний опір; відсутність регулювання кута удару об деку із зміною технологічних властивостей перероблюваної сировини.

Конструкційне рішення деки із регулюванням напрямку удару зроблено в машині (рис. 7.18). Дека в цьому пристрої виконана із сегментів (відбивних лопаток) шарнірно з'єднаних із корпусом машини. Сегменти можуть повертатись відносно вертикальних вісей шарнірів та фіксуватись під заданим кутом механізмом регулювання *4*. Конструкція на практиці не перевірена, вона має недоліки, властиві конструкції ступеневої деки.

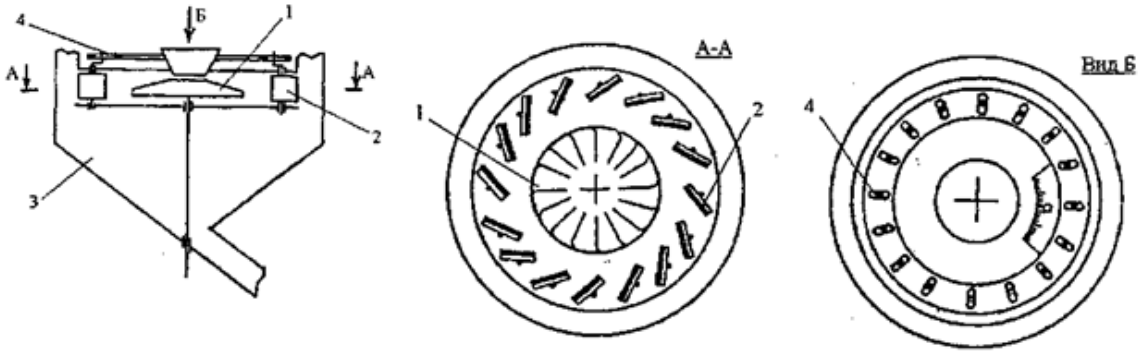


Рис. 7.18. Схема відцентрової насіннєрушки із регульованою ступінчастою декою:

1– диск; *2*– сегменти деки; *3*–корпус; *4*–механізм регулювання

У Національному аграрному університеті України розроблено відцентрову лущильну машину із ротором з еластичними трубками, кривизна яких може змінюватись механізмом регулювання.

В цих машинах вибором кривизни трубки можна змінювати напрямок відносної швидкості зерна і наближати удар його об деку до прямого, при гладкій конічній поверхні деки.

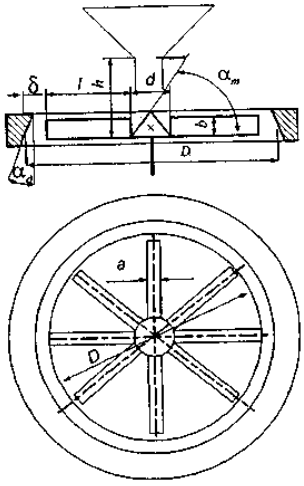


Рис. 7.19. Розрахункова схема відцентрової насіннєрушки

Діаметр диска *D*, м, та довжину лопатки lм, визначають за формулами:

$$D = \left(0{,}65d - \frac{v_n}{0{,}95\omega}\right)\left(\frac{v_{\max} k_t}{0{,}25\omega d - 0{,}352 v_n}\right), \tag{7.13}$$

$$l = (D\text{-}d)/2, \tag{7.14}$$

де v_n–початкова радіальна швидкість насіння по лопатці при подаванні насіння самопливом, м/с

$$v_n = 0{,}5 k_f \sqrt{2gh\sin(2\alpha_m)}, \tag{7.15}$$

деk_f = 0,5...0,7 – коефіцієнт, який враховує втрату швидкості руху насіння за рахунок тертя між насінням і стінкою живильного бункера;

g = 9,81 – прискорення вільного падіння, м/с^2;

Кінематичний коефіцієнт(k_τ), що враховує напрямок удару насіння об деку, який у першому наближенні розраховують за формулою:

$$k_t \approx 1/\cos\alpha_d, \tag{7.16}$$

де α_d = 5...10° – кут нахилу твірної деки. Час руху насінини по лопатці, с

$$t = \frac{1}{0{,}77\omega} \ln\left(\frac{v_{\max} k_t}{0{,}25\omega d - 0{,}352 v_n} \right), \tag{7.17}$$

де v_{max}– максимальна швидкість руху насінини в момент сходу з лопатки, м/с (за умови забезпечення лущення насіння ударом об деку берутьv_{maz}= v_k=32)

Середня швидкість $v_{ср}$, насінини по лопатці, м/с:

$$v_{ср} = l/t \ , \tag{7.18}$$

Продуктивність однієї лопатки q, кг/год., потрібна їх кількість z, шт.:

$$q = 3{,}6 \cdot 10^{-3} S \cdot n_{Н} \cdot v_{с} \cdot \rho \cdot k_{п}, \tag{7.19}$$

$$z = Q/q, \tag{7.20}$$

де S- середня площа поперечного перерізу насінини, м^2;

$n_Н$ – кількість рядів насіння на лопатці (для машин малої продуктивності $n_Н$ = 1);

ρ– густина насіння, кг/м^3;

$k_п$ = 0,6 – коефіцієнт, що враховує пустоти між насінинами;

Q– задана продуктивність насіннєрушки, кг/год

Якщо розрахована кількість лопаток $z \leq 1$, то беруть z = 2. В усіх випадках z округляють у більший бік і перевіряють його за умовою компонування лопаток на роторі:

$$z \leq \pi d/(\alpha + \Delta), \tag{7.21}$$

де $\Delta < 0{,}005$ – монтажний зазор, м;

α– ширина лопатки, м

Друге наближення. Залежно від результатів першого наближення кутову швидкість робочого диска ω збільшують або зменшують на 20 рад/с. Збільшенням швидкості досягають зменшення діаметра ротора приблизно однакової продуктивності лопатки, проте може виникнути проблема з розміщенням лопаток на роторі. Тому розрахунок повторюють у повному обсязі, аналізують результати розрахунку і за потреби повторюють розрахунок ще раз.

У другому та наступних наближеннях використовують уточнене значення кінематичного коефіцієнта k_τ за формулою:

$$k_\tau = \frac{\sin\beta}{\cos\alpha_0\sqrt{1-\lambda^2\cos^2\beta}} \tag{7.22}$$

де β– кут між векторами абсолютної та відносної швидкостей руху насінини:

$$\beta = \arccos\sqrt{\frac{\omega^2 D^2}{\lambda^2\omega^2 D^2 + 4\nu_k^2\cos^2\alpha_d}}, \tag{7.23}$$

де$\lambda = D/D_c$; $D_c = D + 2\cdot\delta$;δ = 0,003 – зазор між декою і ротором, м Потужність для приведення насіннєрушки в дію N, (кВт), розраховують за формулою:

$$N = K\cdot(N_{лущ} + N_f + N_{пов}), \tag{7.24}$$

де: $N_{лущ}$– потужність, яка витрачається на лущення насіння, кВт (розраховують за формулою (7.10);

N_f – потужність, яка витрачається на подолання опору від тертя насіння об лопатки, кВт:

$$\mathrm{N_f} = \left(g + \frac{2\omega^2\nu_c}{g}\right) f\,\nu_c Q/1000, \tag{7.25}$$

$N_{пов}$– потужність, яка витрачається на подолання опору повітря, кВт:

$$N_{пов} = 3 \cdot 10^{-4} (\pi d - z\delta) b v_c \psi p \omega^2 D^2, \qquad (7.26)$$

де $\psi = 0,6...0,8$ – коефіцієнт напору, який ураховує вентиляторний ефект" ротора

Нові методи лущення зерна

Суть нових методів лущення полягає у створенні спеціальними пристроями комплексної дії на зерно (ударні хвилі, сили тертя та інерції, перепад тисків і швидкостей).

Аеролущення зерна. Використовується звукова або надзвукова швидкості повітря чи газу; руйнування оболонки надлишковим тиском, створеним в середині насінини та інші.

В аероустановках насіння, що надходить в апарат, підхоплюється стисненим повітрям, яке подається через сопло типу Лаваля, і викидається через трубку у розвантажувач. В процесі руху насіння під впливом факторів - фрикційної дії струменя на оболонку, інерційного перевантаження насіння, виникнення в них деякого надлишкового тиску - відбувається їх лущення. При цьому методі можливо: отримати за однократний пропуск зерна через машину досить високий коефіцієнт лущення при відносно невисокому подрібненні; не робити попереднього сортування зерна за крупністю перед лущенням; лущити зерно із підвищеною вологістю; скоротити в цілому технологічний цикл і втрати вихідної сировини. Однак використання аеролущильних машин наштовхується на ряд труднощів, головна із яких – значні енергетичні затрати.

Другий метод – руйнування оболонок надлишковим тиском, що створюється в середині насінин, використовується в ряді варіантів. Лущення насіння при цьому може проводитись: в електромагнітному полі надзвукової частоти; багаторазовою зміною тиску; шляхом одноразового падіння тиску, попередньо створеного в зерні (насінні).

Один із варіантів таких апаратів зображено на рисунку 7.20. Зерно завантажують в бункер *1*, заливають водою при співвідношенні рівня води А до рівня зерна В 0,05-0,10, потім отриману суміш піддають вібраційній дії шляхом занурення у воду гідродинамічного випромінювача 2 із частотою вібрації 30-10000 Гц до досягнення нелінійного резонансного ефекту, що діє на суміш на протязі 3-7 хв.

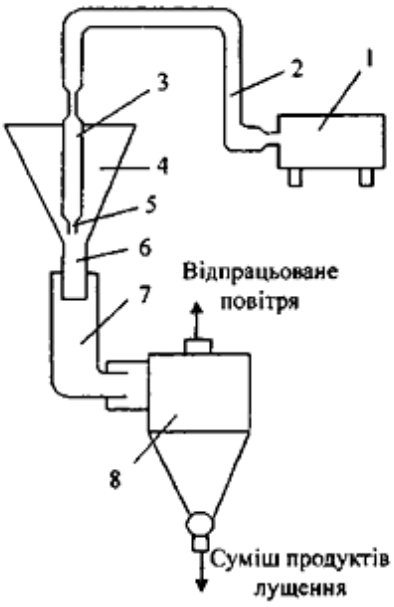


Рис. 7.20. Схема аеролущильної установки:

1– ресивер з компресором;*2* – повітропровід; *3*, *6*,*7*– транспортуючі труби; *4*– конусний бункер; *5*– сопло;*6*– циклон

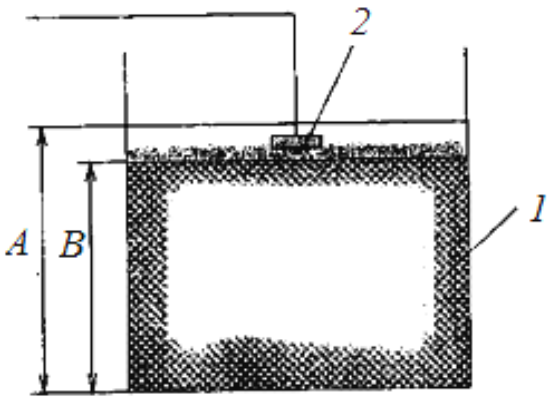


Рис. 7.21. Вібраційно-акустична лущильна машина:

1– бункер; *2*– гідродинамічний випромінювач

Недоліком цього апарату є те, що в якості вібраційного випромінювача необхідно використовувати дороге обладнання, що потребує високих енергетичних затрат, при малому об'ємі бункера із-за швидкого затухання вібрацій.

Розробляються також апарати в робочому об’ємі яких, а відповідно і в розміщеному у них насінні, створюється певний підвищений тиск. Після швидкої розгерметизації апаратів насіння попадає в приймальне відділення із атмосферним тиском. Створення короткочасного перепаду тисків в середині насіння і ззовні приводить до руйнування оболонки. Проте промислове використання розглянутих вище методів наштовхується на ряд труднощів. Для їх реалізації необхідна апаратура, що працює під високим тиском (0,8-1,5 МПа), енергомісткість процесів значно більша традиційних методів механічного лущення.

В даний час ще недостатньо досліджені лущильні машини, в яких застосовуються різноманітні фізичні явища, наприклад, вальцьові лущильні машини термомеханічної дії. Перед роботою вальці машини, що обертаються назустріч один одному, охолоджують до температури -25° С. Зерно перед лущенням зволожують до утворення вільної надлишкової вологи на його поверхні, запобігаючи проникненню вологи в середину зерна, а потім приморожують зернові плівки до вальців в зазорі між ними. При повороті вальців відстань між ділянками, до яких примерзли плівки зерна, збільшується, відбувається розривання плівок і зерно випадає, тобто відбувається лущення зерна без подрібнення ядра. Плівки, що примерзли до вальців, видаляються спеціальними чистиками.

7.7. Плющильні верстати

У комплектні крупозаводи, у тому числі для виробництва вівсяної, пшеничної, перлової та інших круп, пластівці з яких користуються все більшим попитом, етап процесу, пов’язаний з виробництвом пластівців, як правило, не включається. Це зв’язано, з одного боку, з ускладненням і подорожчанням установки, а з іншої сторони з відсутністю ефективного вітчизняного встаткування, і в основному плющильних верстатів.

Машинобудівними підприємствами засновано досить складних видів устаткування, у тому числі плющильних верстатів. Природно, вони не можуть конкурувати із плющильними верстатами фірми "Бюлер", що має більш ніж тридцятирічний досвід виробництва і

експлуатації таких верстатів. Конструкція їх істотно спрощена, вони мають спрощені механізми регулювання (наприклад, міжвальцевого зазору) і відповідний дизайн. Верстат Я 31 продуктивністю 300 кг/год має вальці діаметром 420 мм і довжиною 400 мм. Вальці обертаються з однаковою коловою швидкістю 2,85 м/с. У результаті плющення товщина пластівців коливається від 0,3 до 1,5 мм. Аналогічний верстат рис. тієї ж продуктивності випускає об'єднання "Бриг" (Україна) під маркою СП-300 (рис. 7.22). Верстат рекомендується для плющення круп у технологічному виробництві швидкорозварюваних продуктів.Основою верстата є збірнозварена станина, що складається з підстави *7*, стійок *10*, траверси *9* і верхньої кришки *3*. На верхній кришці монтується приймальний конус *1* з контрольним вікном *2*. Конус закінчується напрямними для подачі продукту в міжвальцевий зазор.

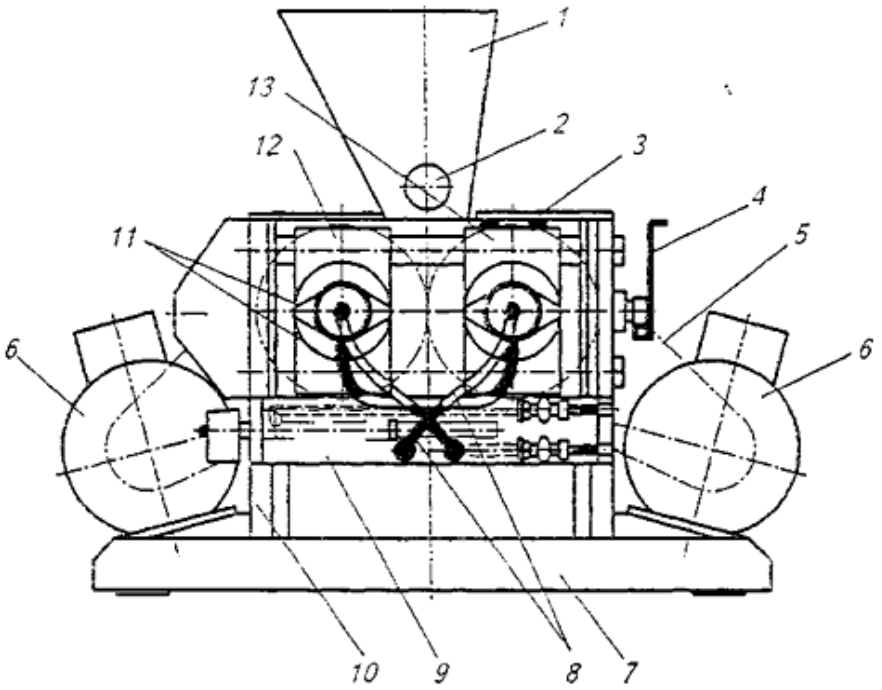


Рис. 7.22. Плющильний верстат СП-300:

1 – приймальний конус; *2* – контрольне вікно; *3* – верхня кришка; *4* – механізм привіту-відвала хитке; *5* –клинопасова передача; *6* – приводні електродвигуни; *7* – підстава станини; *8* – трубопроводи системи охолодження; *9* – траверзу;*10* – стійки станини; *11* – фланці для підведення води; *12* – нерухомий валок; *13* – рухливий валок

У верстаті передбачене регулювання подачі продукту на виході із приймального конуса. На траверсі *9* монтуються в підшипникових опорах валки Ø 350 мм. Кожний валок має індивідуальний привід від електродвигуна *6* через клинопасову передачу *5*. Валок *23* установлений нерухомо, а валок *12* переміщається механізмом *4* по горизонталі, у результаті чого регулюється міжвальцевий зазор. У верстаті є пристрої для очищення поверхні вальців. За узгодженням зі споживачем установлюється система охолодження вальців, що передбачена конструкцією верстата. Основні параметри верстата, габаритні та вагарні характеристики наведені в табл.7.7.

Плющильні верстати ПС-1 і ПС-2 (об'єднання "Агросимомашбуд") більше продуктивні досконалі по конструкції. Плющильні верстати призначені для плющення круп і лущильного зерна (ядра) при виробництві вівсяних, перлових, ячних, кукурудзяних, пшеничних, пшоняних, рисових і гречаних пластівців. До особливостей режиму цих верстатів можна віднести мале відношення колових швидкостей вальців і більші зусилля на вальці з боку зернівок, що піддають сплющуванню. Плющильні верстати випускаються двох типорозмірів по продуктивності: ПС-2-500-600 кг/год і ПС-1 - 750-800 кг/год. Верстати відрізняються по конструкції в основному по типу приводу. Верстат ПС-1 (рис. 7.23, *а*) має індивідуальний привід кожного вальця, вищу продуктивність (на 200-250 кг/год) і більше досконалий конструктивно. У той же час рамна відкрита конструкція не поліпшує дизайн машини. У верхній частині станини *1* встановлений приймально-розподільний пристрій *6*, що регулює подачу крупи (ядра) на плющильні вальці, які змонтовані в підшипникових опорах на поперечній балці, причому одна з них рухлива і положення її регулюється механізмом *5* і валковими тягами *13*. Кожний валок приводиться електродвигуном *5* через клинопасову передачу *4* із привідним шківом *5*. У верстаті ПС-2 (рис. 7.23, *б*) привід здійснюється від електродвигуна *3* через клинопасову передачу *4* і редуктор *10*. Привід живильного валика здійснюється через мотор-редуктор *9*. У корпусі приймально-розподільного пристрою *6* є оглядове вікно *12*. Корпус *11* верстата ПС-2 виконаний закритим суцільнозварним, на бічних стінках якого, змонтовані підшипникові

опори. У машинах передбачений механізм грубого відвала вальців, пристрій для очищення та вивірки паралельності вальців. Основні параметри, габаритні й вагарні характеристики верстатів ПС-1 і ПС-2 наведені в табл. 30.

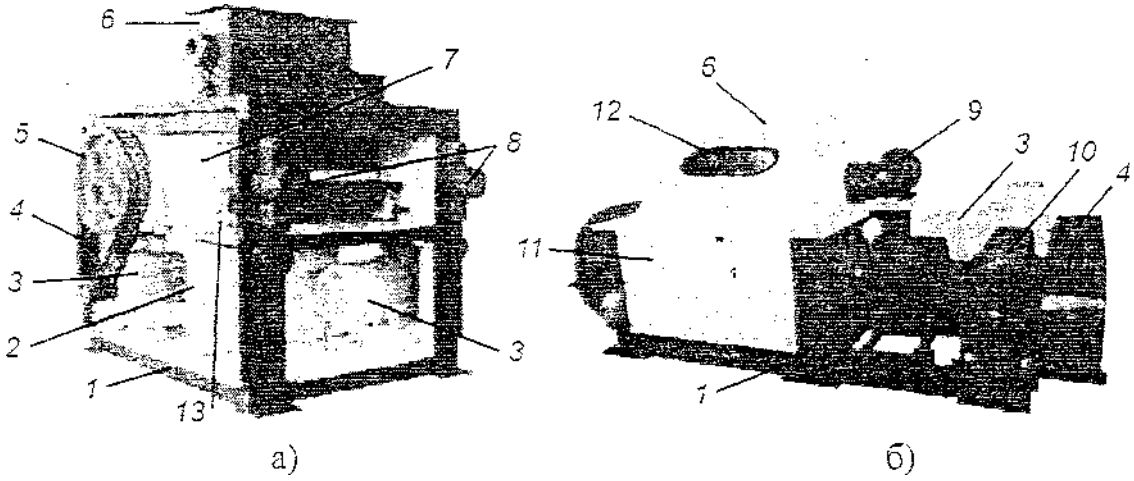


Рис.7.23. Плющильні верстати ПС-1 (*а*) і ПС-2 (*б*):

1– станина; *2*– випускний патрубок; *3* – привідний електродвигун; *4*– клинопасова передача; *6*–приймально-росподільний пристрій; *7*– підшипникові опори; *8*– механізм привалу-відвала; *9*– привід живильного пристрою; *10*– редуктор; *11*– корпус; *12*– оглядове вікно

Об’єднання "Агросимомашбуд" готовить до виробництва більше зроблений і продуктивний верстат. Його продуктивність складе 1000-1500 т/год, тобто цей верстат буде в основному використаний у лініях виробництва пластівців з основному, промислових крупозаводів продуктивністю 100 т/добу і вище.

Діаметри валків для підвищення ефективності плющення прийняті 600 мм при довжині 800 мм і частоті обертання 240 об/хв. Установлена потужність верстата становить 45 кВт при його масі 5,5 т.

Таблиця 7.7

Технічні характеристики плющильних верстатів

Показники	Модель		
	СП-300	ПС-1	ПС-2
Продуктивність, кг/год	300	750	500-600
Діаметр вальців, мм	350	400	400
Довжина вальців, мм	350	800	600
Частота обертання вальця, об/хв	250	240	240
Встановлена потужністьприводу вальців, кВт	15	37	30
Витрати води на охолодження, л/год	50-60	без охолодження	100-150
Габарити, мм: довжина ширина висота	 1510 950 1125	 1720 1720 1980	 2140 1350 1010
Маса, кг	960	4030	2630

Плющильна установка А1-КПК призначена для плющення круп і зернобобових після їх варіння і підсушки.

Установка складається із станини *8*, двох плющильних вальців *11*, підшипникових вузлів *3* плющильних вальців, приводу вальців *2*, міжвальцевої передачі, пристрою *5* подачі вихідного продукту, пристрою *6* притискання і розведення вальців, механізму настроювання вальців на паралельність, очищувачів вальців *10*, пристрою охолодження вальців, віброопір*4*, огородження приводу *1*, живильної труби *9*, сигналізатора рівня вихідного продукту, системи керування притискачем і розведенням вальців, бункера 7 для збору плющеного продукту.

Станина виконана із двох поздовжніх штампувально-зварних балок, які з'єднані поперечними опорами, на які монтуються корпуси підшипників плющильних вальців.

Робочими органами установки являються плющильні вальці. Кожний плющильний валець виконаний у виді полої бочки з прикріпленими до неї з обох торців цапфами. На кожному торці бочки передбачені отвори для балансування з заглушками. Підшипникові опори плющильника вальців виконані з роз'ємними корпусами, при цьому один валець має нерухому вісь обертання, а другий – рухому. Корпуси вальця з рухомою віссю обертання з'єднані з поперечними балками одною шарнірною опорою, при цьому одна шарнірна опора

виконана ексцентриковою для регулювання бокового зазору між зубцями шестерень міжвальцевої передачі.

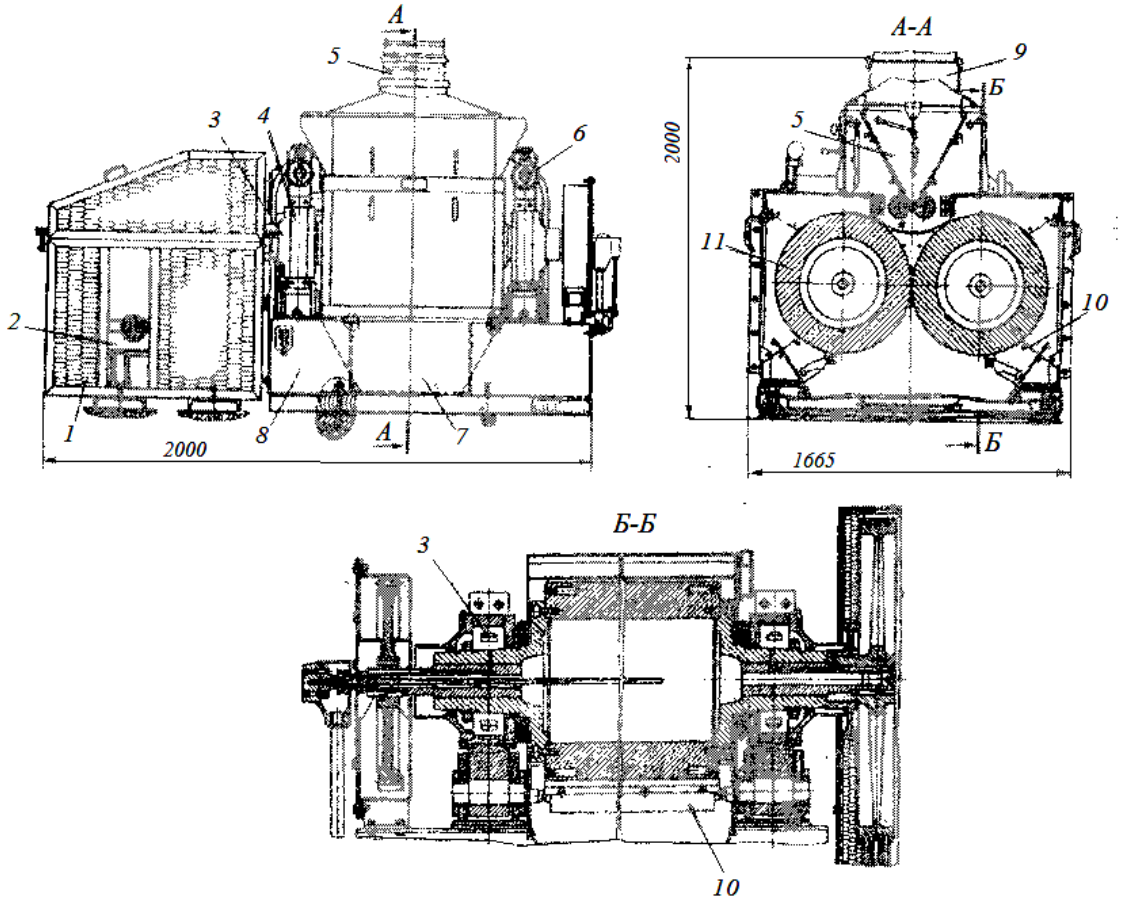


Рис. 7.24. Плющильна установка А1-КПК

Привід вальців виконаний двоступеневим. Варіатор зроблений з (ведучим) регульованим шківом. Регулювання здійснюється переміщенням двигуна по направляючим за допомогою ходового двигуна. Варіатор разом з двигуном змонтований на поворотній плиті, чим забезпечується натягнення клинових пасів другого ступеня. На протилежних від приводу кінцях плющильних вальців закріплені шестерні міжвальцевої передачі, які закриваються кожухом.

Пристрій подачі вихідного продукту виконано у виді двох валиків, один з яких - з рухомою віссю обертання, другий – з нерухомою. Привід пристрою подачі вихідного продукту здійснюється у виді плоскопасової передачі приводу, ведучою ланкою якої являється ведений шків клинопасової передачі приводу вальців, і

редуктора. Останній через пружну муфту кінематично пов’язаний з валиком, який має нерухому вісь обертання. Периферійна поверхня валків виконана з переміщенням опор вальця з рухомою віссю обертання.

Автоматичне регулювання подачі вихідного продукту забезпечується автоматичною зміною зазору між живильними валками. У цих цілях валик з рухомою віссю обертання заключенийу рухомі підшипникові опори, рух яких сповіщається за допомогою системи важелів від сигналізатора рівня вихідного продукту. Синхронність переміщення рухомих підшипникових опор забезпечується виконанням їх шарніра в виді валика. В начальному положенні (при відсутності продукту) валики піджимаються пружиною, яка знаходиться в системі важелів. Діапазон автоматичної зміни зазору між валками регулюється граничним гвинтом.

Пристрій притискання і розведення вальців виконано у вигляді гідроциліндра подвійної дії, шток і кришка якого відкладеними болтами з’єднані з корпусами підшипників плющильних вальців.

Між рухомими корпусами вальців і різьбовими кінцями стяжного стержня розташовані пружинні амортизатори, які забезпечують безпечний прохід між вальцями однорідних тіл розміром до 5 мм.

Для очищення вальців від налипаю чого продукту застосовуються ножі із вуглецевої інструментальної сталі, які кріпляться на чавунному каркасі. Каркас ножів шарнірно підвішений до циліндричних поверхонь спеціальних витків, які вкручено в різьбові отвори камери, і включає вантажну частину, яка забезпечує контакт ножів з поверхнями вальців.

Пристрій охолодження кожного із вальців складається із корпусу, який прикріплений до картеру кожуха міжвальцевої передачі, і трубки, твердо прикріпленої до корпусу за допомогою перехідника. До корпусу за допомогою перехідного штуцера і накладної гайки прикріплений запірний кран, який відкриває і закриває подачу води в внутрішню порожнину вальця. Відвід води із вальця в корпус забезпечується насадкою вкрученою у різьбовий отвір цапфи.

Для зменшення вібрації, яка утворюється роботою установки продовжні балки монтуються на дерев’яну раму з гумовими прокладками.

Живильна труба виконується прозорою для зручності, контролю за подачею вихідного продукту. З'єднання живильної труби з горловиною і підвідним самопливом ущільнюється гумовими кільцями.

Бункер для збирання плющеного продукту прикріплений гвинтами до поздовжніх балок станини і боковим стінкам камери.

Аспірація машини забезпечується виконанням в бокових стінках камери двох прямокутних отворів, з'єднаних трубопроводами з розташованим на верхній панелі живильника отвором, призначеним для під'єднання до трубопроводу системи аспірації цеха.

Робота установки починаючи з пуску двигуна насоса, який подає масло із баку в золотник. Останній в знеструмленому стані під дією пружини з'єднує нагнітальну магістраль з безштоковою порожниною гідроциліндрів. Витісненні із гідроциліндрів штоки розведуть корпуси підшипників вальців, збільшивши тим самим зазор між ними до 6 м і усунувши опір нагромадженого між вальцями пилу і продукту.

В результаті забезпечується нормальний запуск двигуном приводу вальців. При заповненні системи масло починає перепускатися запобіжним клапаном на злив в бак.

Після запуску двигуна приводу вальців обертання буде передаватися шківам, шестерням, вальцям і вхідному валу редуктора живильника.

При находженні у приймальний бункер вихідного продукту сигналізатор його рівня передає дію продукту на мікровимикач, який замкне ланцюг електромагніту золотника. Останній повідомляє нагнітальну порожнину насоса зі штоковими порожнинами гідроциліндрів. При цьому поршні втягують штоки всередину гідроциліндрів, завдяки чого зблизяться корпуса підшипників вальців і зменшитися зазор між ними.

На часті ходу корпусів підшипників вальців блокування вивільнить в редукторі пружину стиску і під її дією замкнуться кулачки муфти, які забезпечують передачу обертання валику живильника. Останній своїми рифлями стане подавати продукт на плющення між вальцями. Плющений продукт буде відводитися через воронку (лійкою) на подальшу обробку. Приблизно через 30хв після початку роботи установки включається подача води на охолодження

вальців.

Таблиця 7.8

Технічна характеристика плющильної установки А1-КПК

Продуктивність, кг/год	1500
Товщина пластівців, мм	0,3-1,5
Розміри вальців, мм: діаметр довжина	 490 800
Частота обертання, $хв^{-1}$: вальців живильного валика	 161-232 25
Потужність електродвигуна, кВт	18,5
Витрати води на охолодження, $м^3$/год	0,6
Тиск масла в гідроприводі вальця, МПа	10
Габаритні розміри, мм	2000×1665×2000
Маса, кг	450

Інженерні розрахунки

На рис. 7.25 приведена розрахункова схема для визначення мінімально допустимого діаметра вальців, необхідного для захвату подрібнених часток, при горизонтальному розташуванні, однаковій швидкості вальців.

Частка діаметром *a* до початку її деформування торкається поверхні вальців в точках *A* і *A i*і діє на вальці по нормалям до дотикальним в цих точках з деякою силою *P*. В свою чергу, частина випробовує зі сторони вальців таку саму силу *P*.

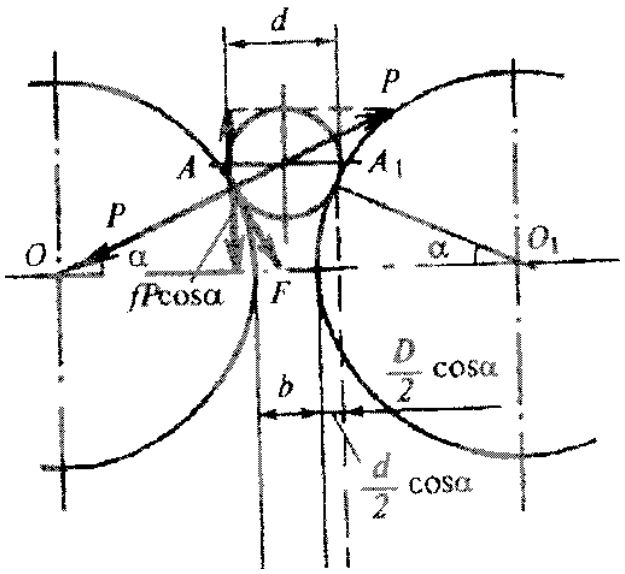


Рис. 7.25. Розрахункова схема для визначення мінімально допустимого діаметра вальців

Вертикальні складові цих сил *2P sinα* прагнуть виштовхнути частинку із сферичного клину, утворюваного циліндричними поверхнями вальців, а її вертикальні складові сил тертя *2fP cosα* затягують частину в зазор між вальцями. Звідси очевидно, щоб частинка була затягнута вальцями, необхідно виконання наступної нерівності:

$$2P \sin\alpha < 2fP\cos\alpha \qquad (7.27)$$

Звідки$\sin\alpha / \cos\alpha < f$ або $tg\alpha < tg\varphi$.

Як наслідок, кут α, названий кутом захвату, повинен бути менше кута тертя *(р* частинки поверхні вальця.

Так як $Д + d = Д\cos\alpha + d\sin\alpha$,

то мінімально допустимий діаметр вальців по умові захвату частинки вальцями, то єсть з розрахунком того, що граничне значення кута захвату повинно бути рівно куту тертя *(р,* будемо визначати *Д*за формулою:

$$Д = (d\cos\varphi - b)/(1 - \cos\varphi) \qquad (7.28)$$

Під продуктивністю плющильної установки розуміють його фактичну пропускну здатність *П*(кг/с)

$$П = p \cdot L \cdot v_3 \cdot b \cdot K \qquad (7.29)$$

де *p*– щільність подрібненого продукту, кг/м^3 ;

L– довжина вальця, м;

b–міжвальцевий зазор, м;

v_3– швидкість проходження оброблюваного продукту між вальцями, м/с;

K – коефіцієнт використання зони подрібнення (К < 1).

Агрегат для приготування пластівців П3-3,0 призначений для вологотеплової обробки і плющення фуражного зерна вологістю 17-35 %.

Агрегат складається із наступних основних збірних одиниць: завантажувального шнеку, шнека-ефектора, пропарювача, плющилки, шнека- плющили, розвантажувального шнека, електрошафи.

Технологічна схема роботи агрегату П3-3,0 показана на рис. 7.26.

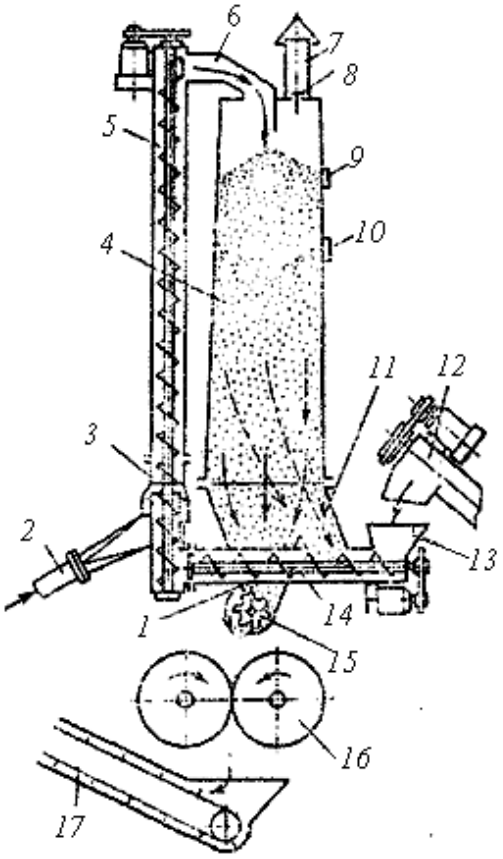


Рис. 7.26. Технологічна схема агрегату П3-3,0

1 – корпус дозатора; *2* – патрубок підводу технологічної пари; *3* – інжектор;*4* – камера пропарювача; *5* – шнековий пропарювач; *6* – перевантажувальний патрубок; *7* – відвід; *8* – запобіжний клапан; *9* – датчик верхнього рівня; *10* – датчик нижнього рівня; *11* – з з'єднувальний патрубок; *12* – завантажувальнийконтейнер; *13* – приймальний бункер; *14* – шнековий живильник; *15* – барабанний дозатор; *16* – плющильні вальці; *17* – розвантажувальнийконтейнер

Таблиця 7.9

Технічна характеристика агрегату П3-3,0

Встановлена потужність, кВт	38,25
Число електродвигунів	6
Продуктивність: за 1 год чистої роботи, т/год за 1 год експлуатаційного часу, т	 3-5 3,13
Номінальна витрата пари, кг/год	300
Габаритні розміри, мм:	

довжина ширина висота	7000 6300 6580
Загальна маса, кг	3760

Агрегат включає завантажувальний *12* і розвантажувальний *17* конвеєри, шнековий пропарювач *5* з кільцевим інжектором *3*, камеру *4* видержування зараженого зерна (корпус пропарювача) *5* системою рециркуляції, перевантажувальний патрубок *6*, відвід *7*, запобіжний клапан *8*, датчик верхнього *9* і нижнього *10* рівнів, з'єднувальний патрубок *11*, приймальний бункер *13* живильника *14*, барабанний дозатор *15* з корпусом *1*, плющильні вальці *16* і патрубок *2* підведення пари.

Працює агрегат наступним чином. Завантажувальний конвеєр *12* із заданою продуктивністю подає зерно в бункер *13* живильника *14*. Ланка переміщуючись гвинтоподібно вверх, в зоні розташування інжектора обробляється струмом пари і, змішуючись з ним, надходить в камеру *4*, де витримується для вирівнювання температури і вологості по всій масі.

В нижній частині камери *4* розташований перенавантажувальний канал у вигляді з'єднувального патрубка *11* для додаткової рециркуляції оброблюваного парою матеріалу. Зерно, яке знаходиться у камері, надходить в живильник *14*, а потім знову у вертикальний пропарювач *5* для додаткового пропарювання. Рециркуляція оброблюваного зерна забезпечує додатковий контакт його з парою і в поєднанні з активним перемішуванням сприяє якісному пропарюванню.

Заданий рівень зерна в пропарювачі підтримується автоматично датчиками рівня і системою автоматичного керування. Запарене зерно барабанним дозатором подається на плющильні вальці. Одержані пластівці із плющили безпосередньо потрапляють в приймальну частину скребкового конвеєру 17, який вивантажує їх в транспортерні засоби або технологічну ємкість кормоцеху для наступного введення в склад комбікорму.

Основна машина агрегату –плющила – яка складається із наступних основних збірних одиниць: рами, корпусу, двох гладеньких вальців діаметром 450 і 600 мм (один підпружинений, другий –

рухомий), механізму переміщення валка, приводів валків (на кожний валок окремий електродвигун і клинопасовапередача) та їх огородження. Валки (рухомий і нерухомий) встановлені на циліндричних штангах, які закріплюються у корпусі. Корпуси підшипників підпружиненого валка з'єднані з корпусом пружними амортизаторами.

Валки від налиплих пластівців очищуються підпружиненими чистками.

При попаданні між валками твердого стороннього предмету значних розмірів нерухомий валок натискує на рухомий вимикач, який виключає привід плющили.

Рухомий валок переміщує вздовж направляючих (привал - відвал валків), повертає важіль ексцентриків механізму. Потрібна величина зазору здійснюється спеціальним пристроєм і контролюється по механізму відліку.

НПО "ВНИИ живмаш" (м. Київ) розроблений удосконалений агрегат ПЗ-З-11. У ньому замість пропарювача встановлений бункер з дозуючим пристроєм для приймання і подачі вологого фуражного зерна на плющильні вальці. Агрегат ПЗ-З-11 укомплектований завантажувальним і розвантажувальним шнеками для подачі готового продукту в транспортні засоби або накопичувальну ємкість. Конструкція основних вузлів і механізмів його аналогічна агрегату ПЗ-З.

Агрегат плющильний АП-Ф-5розроблений ОПКТБ СибНИПТИЖ (Росія) і має продуктивність 5 т/год (табл. 7.10).

Складається із корпусу, завантажувального і вивантажувального конвеєрів, пульту керування. У корпусі встановлені два вальця: нерухомий і рухомий. Рухомий закріплений на вильчатому кронштейні, всередині якого розташований торсіонний стержень, який зв'язаний з важільним механізмом відвала-привала вальців. Останній служить для піджимання рухомого вальця до нерухомого з зусиллям д 20 кН, яке регулюють гвинтовими стяжками важільного механізму. Агрегат установлений на колесах і може переміщуватись за допомогою автономного механізму з електроприводом. Робочі органи і завантажувальний конвеєр мають окремий електропривід.

Таблиця 7.10

Технічна характеристика агрегата АП-Ф-5

Продуктивність т/год	5
Встановлена потужність, кВт приводу робочих органів	18,5
приводу завантажувального конвеєра	І Д
приводу механізму переміщення	І Д
Частота обертання валів, $хв^{-1}$	500
Розміри вальців, м: довжина діаметр	 600 340
Габаритні розміри, мм	4060×1040×2860
Маса, кг	1250

Зерно завантажувальним конвеєром зі шнековим живильником і скребковим транспортером завантажується в бункер, а звідти дозуючим механізмом надходить в міжвальцевий зазор. Плющене зерно відвантажується розвантажувальним скребковим конвеєром.

Контрольні запитання

1. Яка існує класифікація машин для лущення і шліфування зерна для круп’яних культур?
2. Що положено в основу класифікації машин?
3. Для чого застосовуються вальцедекові верстати?
4. Приведіть характеристику вальцедекової машини ЗШМ та як вона працює?
5. Що являють собою лущильно-шліфувальні машини типу ЗШН та яке їхнє призначення?
6. Який принцип дії у технології комплектних крупозаводів відцентрових лущильних машин?
7. Приведіть технічні характеристики відцентрових лущильників.
8. Для чого призначені лущильники з гумовими валками? Та приведіть приклад обладнання.
9. Назвіть машини, які застосовуються для лущення вівса, соняшника, ячменю. Принцип їхньої дії.

10. Назвіть нові методи лущення зерна, їх суть та в чому вони полягають.
11. Для чого використовують плющильні верстати ПС-1 і ПС-2 та їх принцип дії?
12. Для чого призначена плющильна установка А1-КПК та дати її характеристику?
13. Назвіть призначення агрегата ПЗ-3,0 та дати його характеристику.
14. Які шліфувальні машини виробляються фірмою «Бюлер Аг» Швейцарія та їх призначення.

РОЗДІЛ 8
МАШИНИ ДЛЯ ЕКСТРУЗІЙНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНОВИХ І ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР

8.1. Екструзія, її види і сировина

Екструзія – (виштовхування, видавлювання) як процес, що поєднує термо-, гідро-, і механо-хімічну обробку сировини з метою одержання продуктів з новою структурою і властивостями, які відомі дуже давно. Діапазон сировини, який піддається екструзії, охоплює широкий спектр різних органічних матеріалів і включає харчову сировину рослинного і тваринного походження.

Один із перших екструдерів, який використовувався ще в 1868 р. у Англії для виробництва ковбас, виробів в основному тільки інтенсивне змішування м'ясного фаршу і формування готових виробів без термохімічної дії на сировину. В кінці 40-х років 20 сторіччя була розроблена технологія варильної екструзії, яка забезпечила неповоротні зміни сировини, зокрема, майже повну клейстеризацію крохмалю. Теперішній бум розвитку техніки і технології екструдування в Європі і Новому Світі прийшовся на 60-і роки: більше 40 різних фірм освоїли виробництво техніки для різноманітних видів сировини і розробки продуктів з різними фізико-хімічними і функціональними властивостями, були розроблені теоретичні основи холодної і гарячої екструзії.

На сьогоднішній день різними видами екструзії одержують інгредієнти кормів для домашніх птиць, тварин, риби, кондитерські вироби (шоколад, цукерки, печиво, жувальну гумку), продукти дитячого і дієтичного харчування, повітряні круп'яні палички (кукурудзяні, рисові, перлові і інші), компоненти овочевих консервів, харчоконцентратів, широкий діапазон макаронних виробів.

Метод екструзійної обробки дозволяє одержати ряд переваг:

- інтенсифікувати виробничий процес;
- підвищити ступінь використання сировини;
- одержати готові до застосування харчові продукти або створити для них компоненти, які володітимуть високим згущуванням водо- і жироутримуючою здатністю;

- скоротити виробничі витрати (витрати тепла, електроенергії);
- скоротити трудові затрати;
- розширити асортимент харчових продуктів;
- підвищити засвоюваність ;
- зменшити мікробіологічні обсіменіння продуктів;
- понизити забруднення навколишнього середовища;
- простота та зручність контролю і обслуговування.

Крім того в результаті екструзії відбуваються істотні зміни і текстурування не тільки на клітинному рівні, але і складні хімічні, мікробіологічні (стерилізація), фізичні процеси і явища.

Харчування людей і тварин з точки зору фізіології засновано на механічній деструкції харчових продуктів і їх послідуючій кислотній і ферментативній обробці та перетворенні складних речовин в більш прості, які супроводжуються значними затратами фізіологічної енергії . Тому, екструзійні продукти харчування, у значній мірі, знімають цілий ряд проблем, особливо у людей, які страждають значними захворюваннями.

В залежності від температури перед матрицею розрізняють три основних види екструзії: холодну, теплу і гарячу (варильну). При холодній екструзії температура формуючої маси перед матрицею не перевищує 50°С, при теплій – знаходиться в межах 60-100°С, при гарячій – 120-200°С.

Процес екструдування проходить так, що продукт захоплюється шнеком і далі переміщується вздовж корпусу, проходить зони стиску, розігрівання (за рахунок сил тертя продукту об поверхню обертального шнеку і корпусу, а також деформації зсуву в самому продукті), гомогенізації, зону безпосередньо екструзії і розвантаження. Тривалість обробки складає 1-2 хв.

Тиск і температура при цьому збільшуються і досягають відповідно 50 МПа і 180°С.

Зазвичай, при роботі екструдера у відпрацьованому режимі необхідна температура перед матрицею підтримується завдяки виділенню тепла під дією тертя лопатей шнека об нагнітальну в’язку масу. При цьому збільшення вологості маси, зниження в’язкості і збільшення пластичності приводить до зменшення інтенсивності тертя шнеку і, отож, до зниження температури формуючої маси і тиску

екструзії. В зв'язку з цим, кожний із вказаних температурних режимів екструзії характеризується також визначними межами значень вологості екструдованої маси і тиску екструзії (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

Технологічні параметри екструзії

Режими екструзії	Вологість маси, %	Тиск, МПа
Холодна	Більше 28	Менше 10
Тепла	24-30	9-12
Гаряча	14-20	12-20

Холодна екструзія. Для неї характерні тільки механічні зміни матеріалів при повільному його перемішуванні і формуванні. Дуже широко використовується холодна екструзія для формування кондитерських мас у вигляді джгутів при виготовлені різних виробів цукерок, батончиків і інших кондитерських виробів, жувальної гумки, тістових заготовок хлібних паличок, а також для приготування заготівок сухих сніданків з наступною їх тепловою обробкою.

Але саме широке розповсюдження холодна екструзія одержала в харчовій промисловості для виробництва традиційних видів макаронних виробів. Перші шнекові макаронні преси стали використовувати для безперервного процесу пресування макаронних виробів з тридцятих років минулого сторіччя, і в теперішній час, скрізь, починаючи з міні-цехів і закінчуючи крупними макаронними фабриками, шнекові макаронні преси використовують для формування макаронних виробів.

Тепла екструзія. При цьому методі сухі інгредієнти сировини змішують з певною кількістю води і подають в екструдер, де поряд з механічними діями вони піддаються тепловій обробці, при чому продукт підігрівається зовні.

Додатково здійснюється нагрів продукту зовнішніми нагрівачами. Одержаний продукт (екструдат) відрізняється невеликою щільністю, збільшеним об'ємом, пластичністю, чарунковою будовою. Часто екструдату необхідна додаткова обробка, а саме висушування або охолодження. Цим методом одержують деякі види закусок. Крім можливого застосування теплої екструзії для формування

макаронного тіста найбільше розповсюдження вона одержує для виробництва напівфабрикатів сухих сніданків з піноподібною (здутою) структурою. В якості основної початкової сировини для їх приготування є: картопляне борошно, крохмаль, крупка, пластівці, рисовий крохмаль, борошно, крупа та інша крохмальовмісна сировина.

Екструдовані напівфабрикати сухих сніданків представляють собою вироби, відформовані у вигляді локшини, вермішелі або інших форматів і висушені до вологості 8-12%. У такому вигляді напівфабрикати мають більшу щільність, міцність і можуть зберігатися протягом тривалого часу. Для приготування із них здутих (експандованих) сухих сніданків з ніжною, хрусткою, піноподібною структурою, подібній структурі сухого печива крекер (тому подібні сухі сніданки також називають крекерами) достатньо занурити їх на 10-20 с у нагріту до 170-190°С рослинну олію – фритюр. Механізм здуття напівфабрикату у фритюрі полягає в наступному: гелеподібна структура, яка утворюється в шнековій камері в результаті желювання крохмалю, переходить під час висушування напівфабрикату у «скловидний» стан. При розміщенні сухого напівфабрикату в гаряче середовище (фритюр) структура набуває пружноеластичні, губоподібні властивості, а волога, яка перетворюється в середині на пар і не знаходячи виходу, утворює багато дрібних бульбашок в об’ємі напівфабрикату: відбувається його здуття, утворюючи піноподібну структуру з одночасним її переходом в зневоднений стан. Наявність же зерен крохмалю, які зберегли свою індивідуальність в структурі напівфабрикату (нежельованих під час екструдування) визначають наявність в його структурі мікропор, через які утворюється пар, що легко виходить назовні.

Здуття відбувається незначно, чим більший вміст нежельованого крохмалю, тим менше здуття. Таким чином, при виробництві напівфабрикатів крекерів шляхом теплової екструзії прагнуть умови для можливо повної деструкції крохмальних зерен. При цьому важливе значення має вид початкового крохмалю. При рівних умовах більш податливі деструкції зерна великих розмірів (картопляного крохмалю), менш податливі зерна менших розмірів (рисового крохмалю). Важливу роль мають параметри екструзії. Зокрема, зміна

температурно-вологих режимів екструдування крохмалю, який знаходиться в масах, відбувається в широких межах. Великий вплив на ступінь деструкції крохмалю справляє також вид і кількість добавок. Так, якщо додати до крохмальовмісної сировини жир, цукор і білок, то це знижує силу тертя крохмальних зерен між собою об лопаті шнека, оскільки ці речовини виконують роль своєрідного мастила; в результаті ступінь здуття напівфабрикатів крекерів знижується і крекери мають тверду, неприємну при розжовуванні консистенцію. Тому, в кожному конкретному випадку необхідно визначати оптимальні співвідношення рецептурних компонентів суміші і параметрів екструзії.

Гаряча (варильна) екструзія. Ця екструзія забезпечує здуття випресовуваного екструдата безпосередньо при виході із фільєри матриці в результаті різкого падіння тиску, температури і миттєвого перетворення води у пар. Механізм створення структури екструдату при гарячий екструзії і впливу тих або інших факторів на ступінь його здуття мають місце в технології приготування екструдованих сухих сніданків з використанням теплової екструзії. При гарячий екструзії основним показником, який визначає технологічні параметри процесу і якість екструдата, є в'язкість екструдованної маси, як і при тепловій екструзії, а ступінь деструкції крохмальних зерен в процесі гарячої екструзії може служити критерієм оптимізації її технологічних параметрів.

Переваги застосування гарячої екструзії проявляються, в першу чергу, завдяки значному прискоренню процесу та у виключенні необхідності сушіння екструдата. Але здутий екструдат, у зв'язку із значним збільшенням питомого об'єму, вимагає збільшення площ для зберігання сировини та значних транспортних витрат; крім того для покращання його текстуральних властивостей, наприклад, для ліквідації прилипання до зубів, на нього наносять рослинну олію, що скорочує термін зберігання сухого сніданку та вимагає додаткового обладнання. Строк зберігання обмежується також високою гігроскопічністю здутих виробів: вміст вологи в них не повинен перевищувати 2%, інакше вироби втрачають хрустку і ламку текстуру.

Сировина для екструзії

У виробництві екструзійних продуктів використовується широкий асортимент зернової сировини (рисова, пшенична, кукурудзяна крупа тощо). По хімічному складу крупи характеризуються як продукти, багаті крохмалем і білком. Вміст крохмалю в деяких крупах досягає 75% і більше, білка – 9-16%. Крупи містять небагато жиру, розчинних вуглеводів і мінеральних речовин, в них також містяться вітаміни групи В. Значний вміст вуглеводів визначає їх високу енергетичну цінність. Для виробництва фантекса використовують рисову і кукурудзяну крупу.

Хімічний склад рису залежить від сорту, району та умов вирощування, ступеню зрілості. В середньому, зерно рису містить при вологості 14% (найбільш оптимальна вологість): білку-6-11% (в середньому 7%); крохмалю 54-80% (в середньому 55%); жиру 1,8-2,3%; клітковини - 9-12%; цукру - 3-4%, мінеральних речовин - 4-6%.

Основна частина білків представлена оризеніном із групи глютелінів і невеликою кількістю білків із групи альбумінів, глобулінів і проламінів. Білки рису клейковини не утворюють. Засвоюваність цих білків дуже висока. Жир рису містить багато жирних ненасичених кислот і відноситься до цінних олій.

Зерно рису багате вітамінами групи В, містить вітамін РР, які знаходяться в основному у зародку, алейроновому шарі і частинах епідермісу, які прилягають до алейронового шару.

Технологічна обробка рису така, як шліфування, полірування, а це приводить до значного зменшення вмісту вітамінів.

Хімічний склад кукурудзи різних ботанічних підвидів приблизно однаковий. Основна речовина зерна – крохмаль складає в середньому 60-68% від маси зернівки і зосереджений в ендоспермі.

Білки зерна представлені проламінами (9-14%), жиру міститься до 5%. До складу вуглеводів входять 1,5-5,0% цукрів і 5-7% пентозанів.

У зерні жовтої кукурудзи багато провітаміну А (каротину). В теперішній час одержані сорти і гібриди кукурудзи з більш високим вмістом незамінних амінокислот (лізини і триптофан). В хімічний склад також входять мінеральні речовини (1,1-1,2%), клітковини (1,5-2,2%), води (до 14%).

8.2. Класифікація екструдерів

По типу основного робочого органу екструдери підрозділяються на одношнекові, багатошнекові, дискові, поршневі і інші.

Класифікація екструдерів приведена на рис.8.1.

Поршневі та валкові екструдери м’яко діють на продукт, який переробляється. Їх використовують для формування продукту з ніжною консистенцією.

Валкові екструдери застосовують в машинах без матриць, шестирінчасті – для формування однорідних і гомогенних матеріалів в машинах з матрицями.

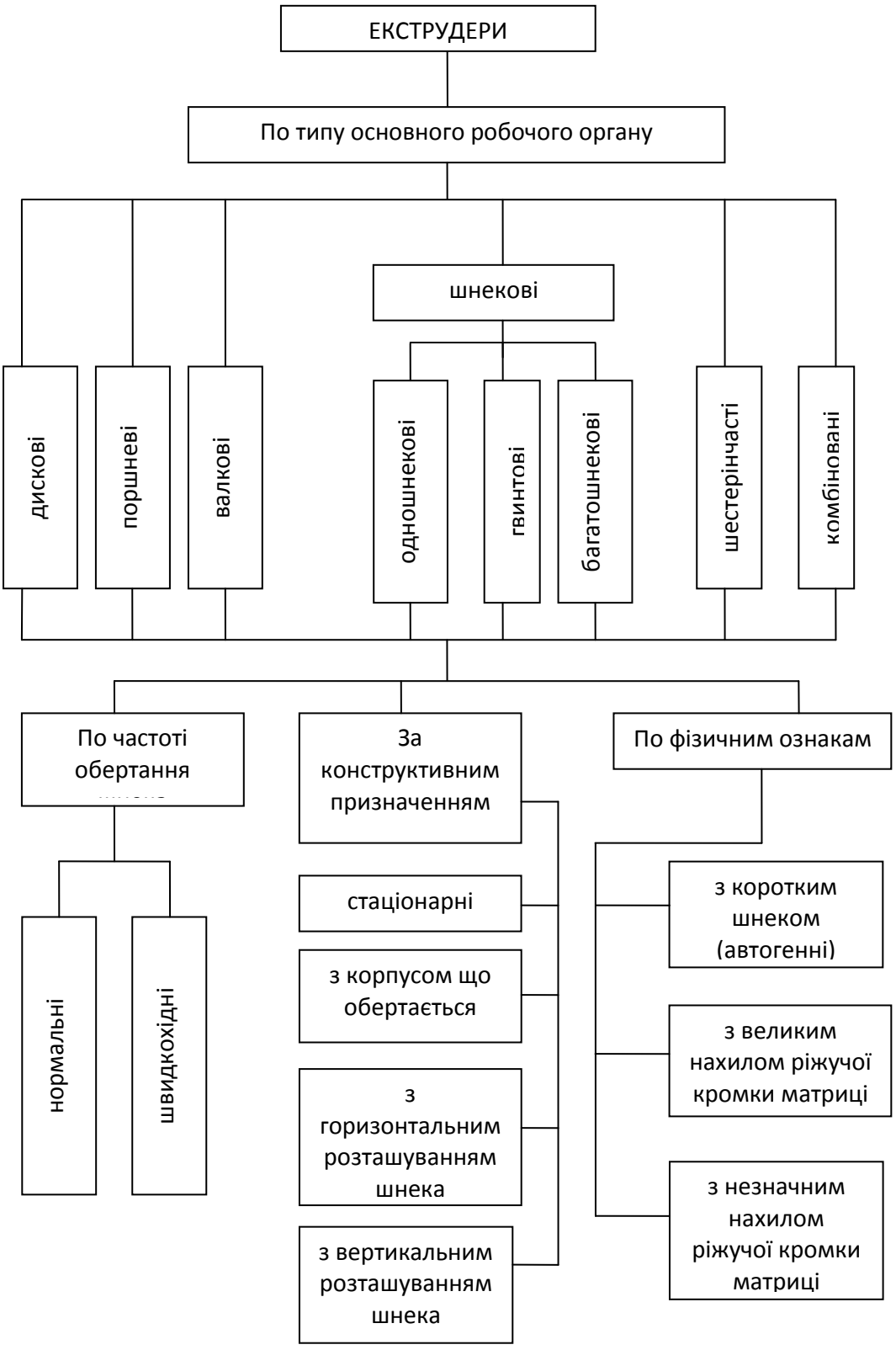


Рис. 8.1. Класифікація екструдерів

Продуктивність шнекового екструдера визначається взаємодією нагнітача і формуючої голівки.

Опис технологічного процесу

При русі по тракту робочої зони гвинтової частини, який утворився гвинтовими каналами і ребрами станини, суміш подрібнюється, перемішується і піддається механічній і баротермічній дії (50 атм.,170°С). Розігрівання суміші відбувається за рахунок роботи сили внутрішнього тертя і тертя суміші об гвинти і корпусні деталі. При цьому в ній проходять складні структурно-механічні і хімічні зміни: в процесі екструдування крохмаль розщеплюється на прості цукри, шкідлива мікрофлора знезаражується, а в бобових дезактивуються антипоживні речовини.

Із сої, яка переробляється на екструдері, на гвинтових пресах легко виділяється олія з максимальним виходом.

Готовий продукт виходить через центральний отвір вихідної втулки у вигляді струменя або джгута. Підстройка температури процесу і коефіцієнта вибуху зерна відбувається зміною основного положення вихідної втулки, яка переміщується по різьбі. По вимогам замовника екструдер комплектується відсікачем, який проводить нарізку джгута, який виходить, на шматочки рівної довжини.

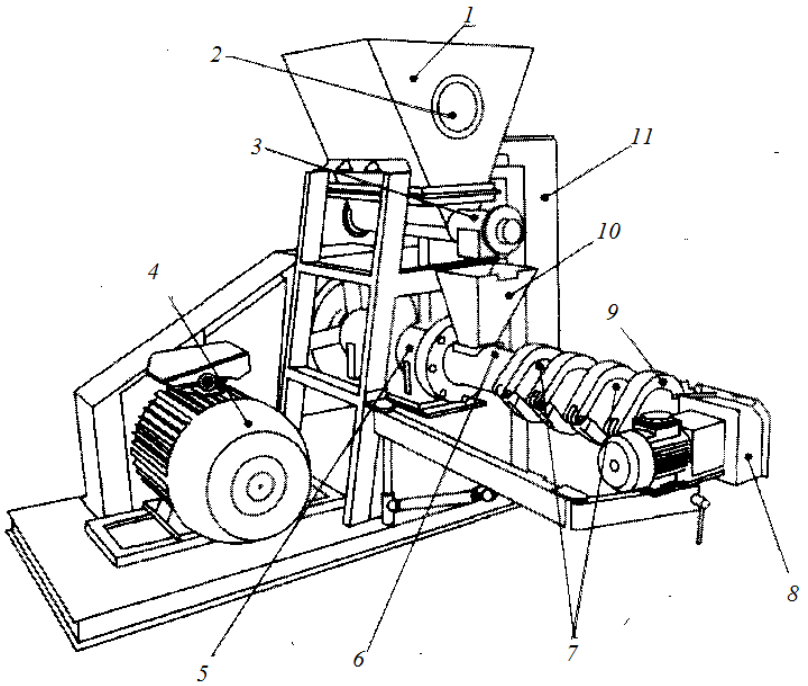


Рис. 8.2. Опис технологічного процесу в екструдері:

1 – завантажувальний бункер; *2* – оглядове вікно бункера; *3* – шнековий живильник; *4* – електропривід; *5* – шпіндель; *6* – клапан системи зволоження; *7* – термометр; *8* – відсікач; *9* – гвинтовий робочий орган; *10* – магнітоуловлювач; *11* – шафа керування

ШТАК – 80 – єдиний одношнековий екструдер максимально наближений за технологічними можливостями до двошнекових машин, який дозволяє одержувати якісний продукт складних екструзійних технологій.

Ці машини відрізняються хорошою керованістю, простотою збирання, високою ремонтоздатністю, зручністю обслуговування.

В штатному режимі ШТАК-80М обслуговує один оператор.

Більше ніж двадцять машин працюють на підприємствах України, Білорусії, Росії, Молдови по виробництву соєвого текстурату подушечок, батончиків з начинкою, хлібців, кормів для тварин, харчових висівок.

Збільшений ресурс швидкозношуваних частин (шнеки, робочий корпус) в порівнянні з іншими одношнековими екструдерами більш чим в 2,5 рази. Вихід на технологічний режим – 5 хв.

Простота і надійна конструкція опірного вузла з застосуванням самовстанавлюючих закордонних підшипників дозволяє забезпечити його роботу без ремонту більше 10000 годин.

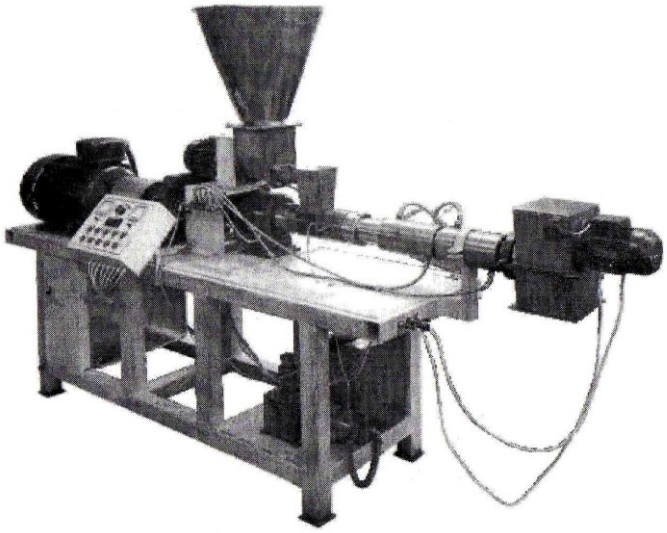


Рис. 8.3. Екструдер ШТАК-80М

Таблиця 8.2

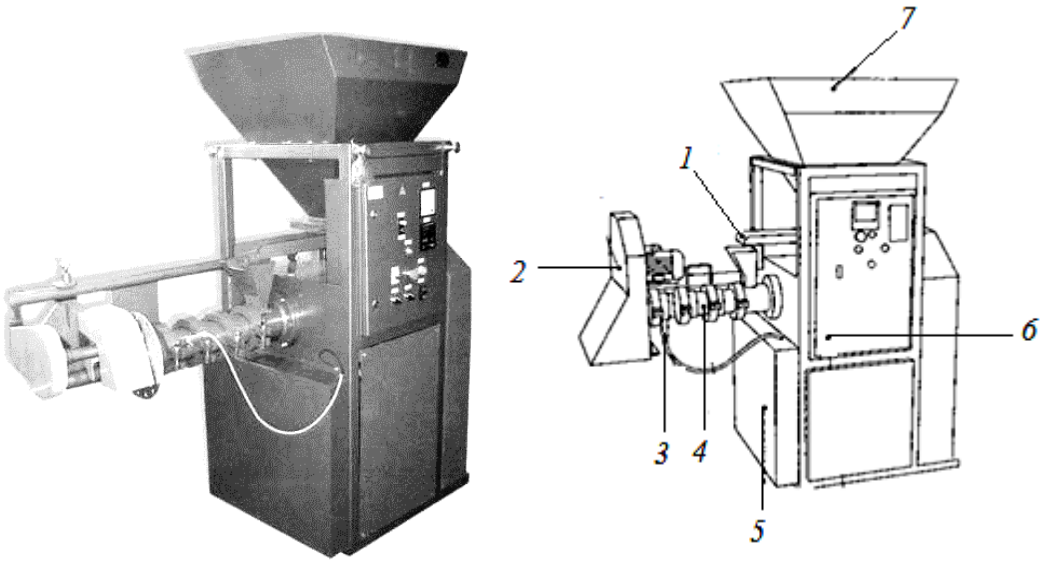
Технічні характеристики (ШТАК-80М)

Діаметр шнеків, мм	80
Відносна довжина, м	15
Потужність приводів, кВт	45
Число зон охолодження	2
Продуктивність на штанній матриці, кг/год	220
Робочий тиск перед матрицею, МПа (кг/см)	10-15
Витрати води (постійні), л/год.	60
Габарити, мм:	
довжина	2800
ширина	650
висота	1800
Маса екструдера, кг	1000

8.3. Одношнекові екструдери

Екструдер Е-150 – ця машина призначена для виробництва комбікормів для сільськогосподарських та домашніх тварин і птиці зі збільшеною засвоюваністю і очищенням від шкідливих мікроорганізмів і речовин.

Цей екструдер дозволяє переробляти зерно і крупу пшениці, жита, кукурудзи, ячменю, тритікале і бобові (горох, люпин).



а *б*

Рис. 8.4. Загальний вигляд (*а*) та технологічна схема (*б*) екструдера Е-150:

1 – віброживильник; *2* – відсікач; *3* – термодатчик; *4* – робочий орган; *5* – електропривід; *6* – шафа керування

Принцип роботи - із завантажувального бункера зерно за допомогою віброживильника подається в робочий орган екструдера. Сировина із бункера

живильником подається в приймальну воронку робочого органу. Подача сировини регулюється зміною частоти коливань в віброживильнику. У воронці встановлений магнітовловлювач металевих частинок. В самому робочому органі здійснюється видавлювання маси через формуючу філь'єру.

Переваги. Застосування цього екструдера дозволяє:

- виробляти високоякісний комбікорм;
- економити до 40% зерна при годуванні тварин;
- ефективно використовувати доступну сировину;
- контролювати якість застосованого комбікорму;
- очищати некондиційну сировину від мікроорганізмів.

В табл. 8.3 приведена технологічна характеристика (Е-150).

Таблиця 8.3

Технологічна характеристика екструдера (Е-150)

Продуктивність, кг/год	до 150
Споживча потужність, кВт/год	до 19
Гарантійний строк експлуатації, міс	12
Гарантійний строк експлуатації швидкозношуваних частин, год	400
Габаритні розміри, мм:	1700×750×2000
Маса, кг	700

Екструдер Е-250 (рис.8.5) – ця машина призначена для виробництва комбікормів для сільськогосподарських і домашніх тварин і птиці, а також для виготовлення пожовклого шроту сої, ріпаку та насіння соняшника за збільшеною засвоюваністю і очищенням від шкідливих мікроорганізмів і речовин. Екструдер дозволяє переробляти зерно і крупу пшениці, жита, кукурудзи, ячменю, гороху, бобів, сої, ріпаку і насіння соняшнику.

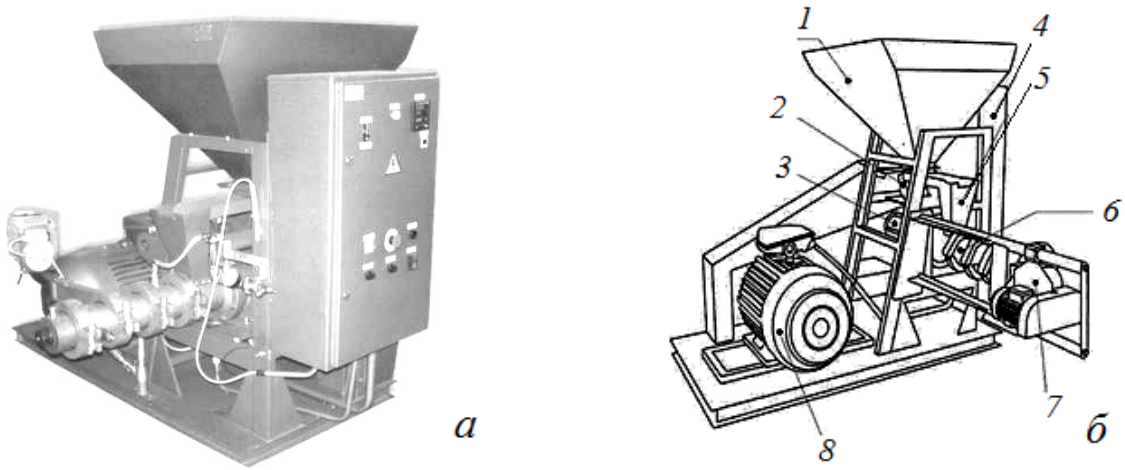


Рис. 8.5. Загальний вигляд (*а*) і технологічна схема (*б*) екструдера Е-250:

1 – завантажувальний бункер; *2* – віброживильник; *3* – шпіндель; *4* – шафа керування; *5* – магнітоуловлювач; 6 – гвинтовий робочий орган; 7 – відсікач; 8 – електропривід

Принцип роботи. Із завантажувального бункеру зерно за допомогою віброживильника через приймальну воронку подається в робочий орган екструдера. Подача сировини регулюється зміною частоти коливань у віброживильнику. У воронці встановлено магнітоуловлювач металевих частинок. В самому робочому органі здійснюється видавлювання маси через формулюючу філь'єру.

У таблиці 8.4 приведена технологічна характеристика екструдера Е-250.

Таблиця 8.4

Технологічна характеристика екструдера Е-250

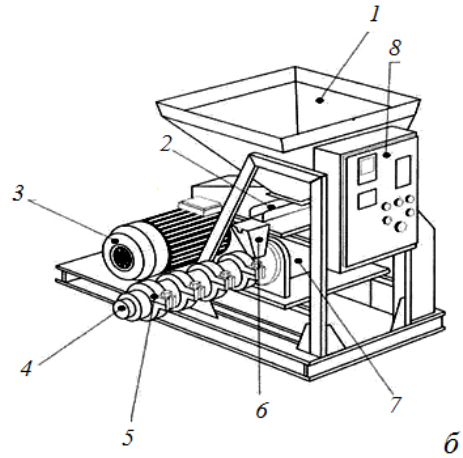
Продуктивність, при вологості вихідної сировини	12-16%, не менше 250 кг/год
Напруга живлення	380 В, 50 Гц, 3 ф
Споживча потужність	370 кВт
Габаритні розміри, мм	2000×1,6×1,7
Маса, кг	900 кг
Ступінь вибуху сировини	Не менше 4 відносних одиниць

Переваги. Застосування цього екструдера дозволяє:

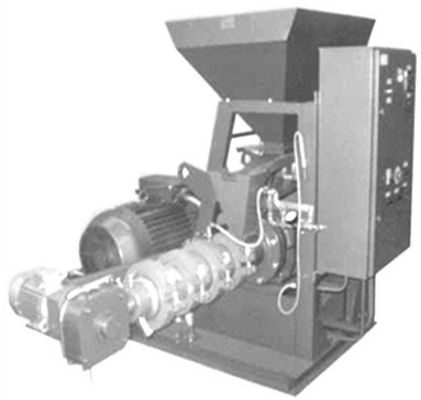
- виробляти високоякісний комбікорм;
- економити до 40% зерна при годуванні тварин;
- економити до 30% енергії при підготовці сої, ріпаку і насіння соняшнику до віджимання олії;
- ефективно використовувати доступну сировину;
- контролювати якість застосовуваного комбікорму;
- очищати некондиційну сировину від мікроорганізмів.

Екструдер Е-500 (рис. 8.6) – ця машина призначена для виробництва комбікормів для сільськогосподарських і домашніх тварин і птиці, а також для виготовлення пожовклого шроту сої, ріпаку та насіння соняшника за збільшеною засвоюваністю і очищенням від шкідливих мікроорганізмів і речовин. Екструдер дозволяє переробляти зерно і крупу пшениці, жита, кукурудзи, ячменю, гороху, бобів, сої, ріпаку і насіння соняшнику.

У таблиці 8.5 наведені технічні характеристики екструдера Е-500.



а



б

Рис. 8.6. Загальний вигляд (а) та схема екструдера (б) Е-500:

1 – завантажувальний бункер; *2* – віброживильник; *3* – електропривід; *4* – філь'єра; *5* – гвинтовий робочий орган; *6* – магнітоуловлювач; *7* – шпіндель; *8* – шафа керування

Таблиця 8.5

Технічні характеристики екструдера Е-500

Продуктивність, кг/год - при переробці сої - при переробці зернових і гороху	 до 500 до 310
Споживча потужність, кВт/год	до 55
Габаритні розміри, мм:	2300×2100×1700
Маса, кг	1400
Гарантійний строк експлуатації, міс	12
Гарантійний строк експлуатації швидкозношуваних частин, год	400

Переваги. Застосування цього екструдера дозволяє:

- виготовляти високоякісний комбікорм;
- економити до 40% зерна при годуванні тварин;
- економити до 30% енергії при підготовці сої, ріпаку і насіння соняшнику до віджимання олії;
- ефективно використовувати доступну сировину;
- контролювати якість застосовуваного комбікорму;
- очищати некондиційну сировину від мікроорганізмів.

Екструдер Е-1000 (зерновий соєвий) (8.7) – призначений для виробництва комбікормів для сільськогосподарських і домашніх тварин та птиці, а також для виготовлення повножирової макухи сої, ріпаку та насіння соняшнику за збільшеною засвоюваністю та очищенням від шкідливих мікроорганізмів і речовин. Екструдер дозволяє переробляти зерно і крупу пшениці, жита, кукурудзи, ячменю, гороху, бобів, сої, ріпаку і насіння соняшнику, відходи м'ясопереробних підприємств. Принцип роботи такий же, як і у екструдера 500.

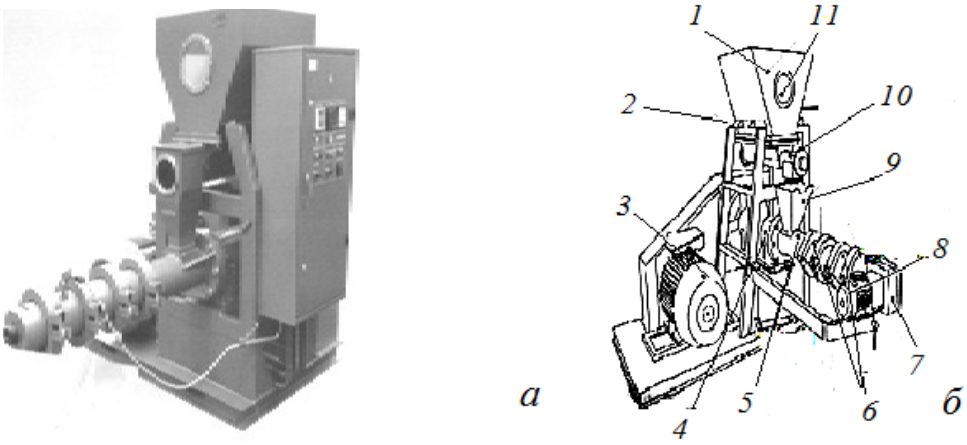


Рис. 8.7. Загальний вигляд (а) та схема екструдера (б) Е-1000:

1 – завантажувальний бункер; *2* – шнековий живильник; *3* – електропривід; *4* – шпіндель; *5* – клапан системи зволоження; *6* – термометр; *7* – відсікач; *8* – гвинтовий робочий орган; *9* – магнітоуловлювач; *10* – шафа керування; *11* – оглядове віконце бункера

Таблиця 8.6

Технічні характеристики екструдера Е-1000

Продуктивність, кг/год при переробці сої при переробці зернових і гороху	 до 1000 до 700
Споживча потужність, кВт/год	до 92,5
Габаритні розміри, мм:	2500×2600×2000
Маса, кг	2000
Гарантійний строк експлуатації, міс	12
Гарантійний строк експлуатації швидкозношуваних частин, год	400

Переваги такі ж, як і у екструдера Е-500.

Екструдер Е-1500 (рис. 8.8) – ця машина призначена для виробництва складних комбікормів для сільськогосподарських і домашніх тварин та птиці, з підвищеною засвоюваністю і очищенням від шкідливих мікроорганізмів і речовин для с.г. і домашніх, хижих тварин, птиці, риб. Перед екструдуванням передбачена можливість додавання білкових і мінеральних добавок у сировину. Цей екструдер дозволяє переробляти зерно і крупу пшениці, жита, кукурудзи,

ячменю, гороху, бобів, сої, ріпаку і насіння соняшнику, а також використовувати складні комплексні рецептури.

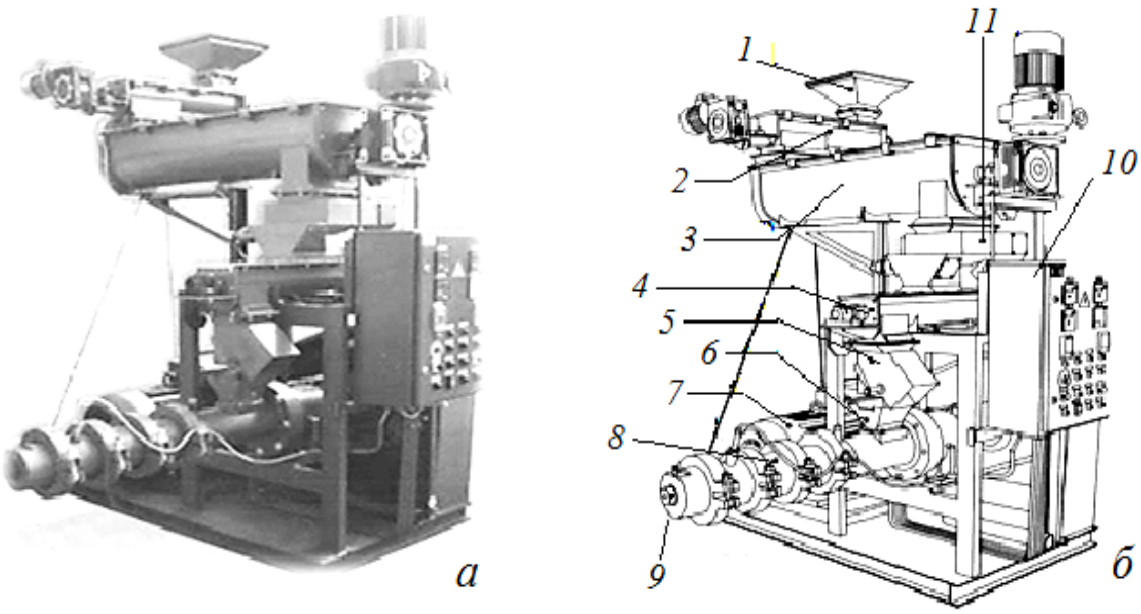


Рис. 8.8. Загальний вигляд (а) та схема екструдера (б) Е-1500:

1 – завантажувальний бункер; *2* – живильник сировини; *3* – змішувач-прекондиціонер; *4* – живильник; *5* – клапан; *6* – магнітоуловлювач; *7* – електропривід; *8* – гвинтовий робочий орган; *9* – філь'єра; *10* – шафа керування; *11* – оглядове віконце бункера

Принцип роботи. Сировина через живильник поступає в змішувач-прекондиціонер (змішується і обробляється парою під тиском). Відбувається теплова обробка, стерилізація і знезараження сировини. Із змішувача-прекондиціонера сировина, через проміжний бункер і живильник робочого органу (необхідні для регулювання подання сировини в робочий орган), надходить в робочий орган. Передбачається можливість введення в підготовлену сировину преміксів і добавок (в проміжному бункері). Між живильником робочого органу і робочим органом установлений клапан (для забезпечення можливості відводу прекондиціонованої змішаної сировини без екструзійної обробки).

Керуючи процесом в широкому діапазоні можна одержувати корми різної щільності, що особливо важливо для риб, оскільки є

можливість одержання плаваючих, тонучих і витаючих кормів. В робочому органі підготовлена сировина проходить подрібнення, змішування, повторну теплову обробку, зневоднення і стабілізацію. Технічні характеристики екструдера Е-1500 наведені в таблиці 8.7.

Таблиця 8.7

Технічні характеристики екструдера Е-1500

Продуктивність, кг/год	1500
Встановлена потужність, кВт/год	97
Витрати пару, кг/год	до 150
Габаритні розміри, мм:	2400×2400×2850
Маса екструдера, кг	2300
Гарантійний строк обслуговування, міс	12

Переваги. Застосування цього екструдера дозволяє:

- виробляти високоякісний комбікорм;
- економити до 40% зерна при годуванні тварин;
- економити до 30% енергії при підготовці сої, ріпаку і насіння соняшнику до віджимання олії;
- очищати некондиційну сировину від мікроорганізмів;
- переробляти зерновідходи;
- виробляти гранульовані корми для риби;
- виробляти екструдовані комбікорми з білковими добавками;
- ефективно використовувати доступну сировину;
- контролювати якість застосованого комбікорму;
- виробляти комбікорм для собак, котів та хижих тварин.

8.4. Двошнекові екструдери

Універсальний харчовий двохшнековий екструдер ШТАК-72 орієнтований спеціально під вимоги середніх і крупних підприємств для виробництва соєвого текстурату дитячого харчування, екструзійних крохмалів, масового випуску екструзійних продуктів харчування.

ШТАК-72 при збережених типорозмірах екструзійної зони аналогічний екструдеру РЗ-КЕД, але з головним приводом 90кВт, продуктивністю 450 кг/год.

В конструкції ШТАК-72 використані схеми основних вузлів, які відмінно показали себе в роботі на серійних екструдерах ШТАК-50.

Як і всі екструдери ТОВ «Апрель», ШТАК-72 простий в обслуговуванні і ремонті, має вільний доступ до всіх вузлів і механізмів, система терморегулювання включає підрегулятори, які забезпечують стабільність теплового режиму зон екструзії.

Спеціально запроектовані шнеки, які самоочищаються, дозволяють виключити наявність канцерогенів і твердих часток в кінцевому продукті, що особливо важливо при виробництві соєвих текстуратів і дитячого харчування, а також дозволяє не проводити розбірку і очищення екструзійної зони при завершені роботи.

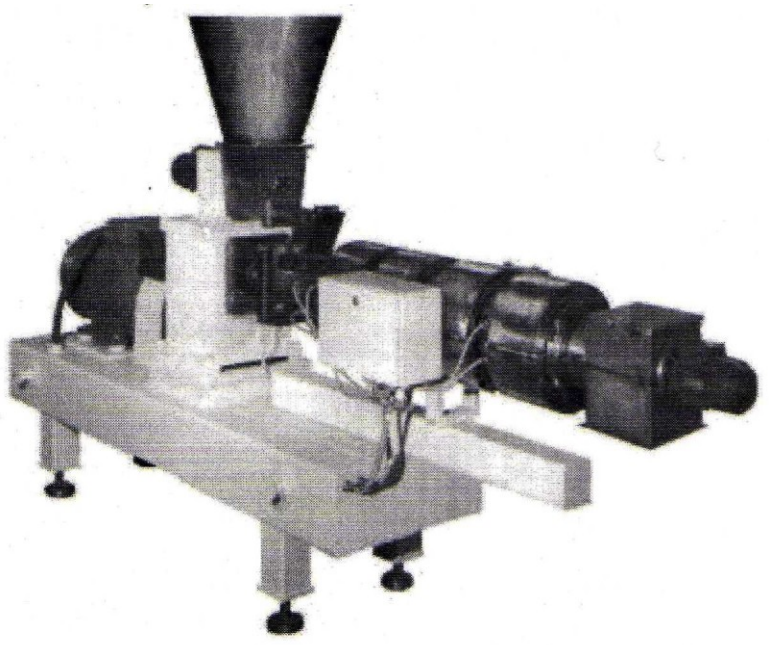


Рис. 8.9. Універсальний харчовий двохшнековий екструдер ШТАК-72 (загальний вигляд)

Технічні характеристики екструдера ШТАК-72 наведені в таблиці 8.8.

Таблиця 8.8

Технічні характеристики екструдера ШТАК-72

Діаметр шнеків, мм	88
Відносна довжина екструзійної зони 3-х корпусний варіант 5-ти корпусний варіант	 10,8 17,6
Відстань між валами шнеків, мм	72,5
Потужність головного приводу, кВт	90
Потужність нагрівачів, кВт, не більше	32
Діапазон швидкостей обертання робочих шнеків, кг/год	450
Продуктивність по кукурудзяній крупці, не більше, кг/год	3000
Загальна маса, кг	4000
Довжина, мм	2700

Екструдер складається із декілька основних вузлів – корпусу, оснащеного нагрівальними елементами, робочого органу (шнека, диска, поршня), розміщеного в корпусі, вузла завантаження продукту, що обробляється, приводу, системи завдання і підтримка температурного режиму та інших контрольно-вимірювальних і регулюючих пристроїв.

Найбільше розповсюдження у промисловості одержали шнекові екструдери. Шнек захоплює початковий (вихідний) продукт, переміщує його від завантажувального пристрою вздовж корпуса екструдера. При цьому продукт стискається, розігрівається, пластифікується і гомогенізується. Тиск в екструдері досягає 15-100 МПа. По частоті обертання шнека екструдери поділяються на нормальні і швидкохідні з коловою швидкістю відповідно до 0,5 - 7 м/хв., а по конструктивному виконанню – на стаціонарні з обертаючим корпусом, з горизонтальним і вертикальним розташуванням шнека.

Існуючі екструдери зі шнеками, здійснюють не тільки обертальний, але і обертово-поступальний рух. Для ефективної гомогенізації продукту на шнеках встановлюють додаткові пристрої-зуби, шлиці, диски, кулачки тощо. Останнім часом одержують розповсюдження планетарно-вальцеві екструдери, в яких навколо центрального робочого органу (шпинделя) обертається декілька додаткових шнеків (від 4 до 12). Принцип дії шнекового екструдера

оснований на використанні виникаючого у пружно-в’язкому матеріалі напруження, нормального і зсувного. Основу конструкції такого екструдера складають два одношнековихих диски, один із яких обертається, утворюючи зсувні і нормальні напруги, а другий – нерухомий. У центрі нерухомого диска є отвір, через який видавлюється матеріал. Поршневий екструдер із-за низької продуктивності використовують обмежено, в основному для виготовлення труб і профілів із реактопластів.

Конструкції екструдерів можуть бути класифіковані також по геометричній формі, механічним, функціональним або термодинамічним характеристикам. Крім того, екструдери рекомендується класифікувати по їх фізичним ознакам, так як вони мають вплив на хімічні структурні характеристики екструдованих продуктів. Особливе значення мають такі параметри, як кут нахилу ріжучої кромки матриці і кількість теплової енергії, яка утворюється в процесі екструдування за рахунок механічного перетворення енергії, температура під час ведення процесу; вологість маси.

При переробці харчових продуктів найбільше розповсюдження одержали екструдери зі шнеками повного зачеплення, які обертаються в одному напрямку, коли вершини одного шнеку взаємодіють з впадинами другого.

У двошнекових екструдерах забезпечується більш швидкий пуск шнека і робота на збільшеній швидкості. В них рідше виникають підйоми тиску, так як не відбувається накопичення продукту. В двошнекових екструдерах, внаслідок того, що продукт може залишатися у витках і накопичуватись, створюючи розриви потока, підйоми тиску бувають частіше. В результаті продукт із екструдера випускається нерівномірно. Але передбачається, що в одношнековому екструдері зношення шнеку концентрується по зовнішній кромці до торця його витків і це забезпечить відновлення шнеку.

Двошнековий екструдер більше піддається зношенню. Зношуються шнеки в місцях завантаження і розвантаження продукту. У зв’язку з властивостями кінцевого продукту ефективність процесу екструдування, у більшій мірі, залежить від зношення робочих органів машини при обробці у двошнековому екструдері. При використанні

двошнекового екструдера не потрібно проводити попередньої гідротермічної обробки продукту, що спрощує виробничий процес. Гідроліз крохмалю пшеничного борошна протікає значно ефективніше у двошнекових екструдерах, ніж в одношнекових. У двошнековому екструдері зони пластифікації і збільшення тиску віддалені друг від друга, що дозволяє незалежно здійснювати пластифікацію і екструдування продукту. Відомо, що витрати, які пов'язані з придбанням дно шнекових екструдерів, нижче по зрівнянню з витратами на придбання двошнекових машин. Але останні компенсуються меншими експлуатаційними витратами. Великі витрати по експлуатації одношнекових машин пов'язані з тривалими простоями при очищені, великими працезатратами і об'ємом робіт по обслуговуванню.

Порівняння конструктивних і технологічних переваг в одношнекових і двошнекових екструдерів показує значні переваги останніх.

Матеріал для матриць повинен бути корозійностійким, володіти антиадгезійними властивостями і високою міцністю. Щоб знизити прилипаємість формуючого продукту, отвори полірують і хромують. Широко застосовують тепер матриці, які складаються із металевої обійми і змінних вставок. Вставки представляють собою змінні гільзи з формуючими отворами, які виготовляють із пластмаси з сильно вираженими антиадгезійними властивостями.

Форма і розмір перед матричною камерою залежить від властивостей продукту, що переробляється, типу і розмірів нагнітаючого механізму, які повинні сприяти виходу випресовуючої маси через канали матриці з можливо більш рівномірною швидкістю, а також перешкоджати утворенню застійних зон. Формування екструзією має ряд переваг: безперервність здійснення процесу з високою швидкістю, безвідходність технології і високу культуру виробництва.

Машина А1-КХП (рис. 8.10) призначена для формування паличок із кукурудзяної крупи тепловою і механічною обробкою.

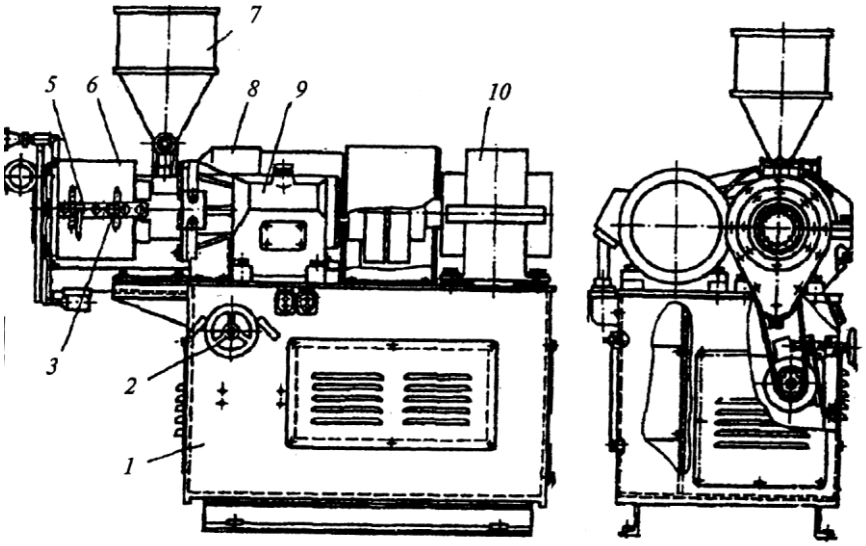


Рис. 8.10. Машина А1-КХП:

1 – станина; *2* – рукоятка; *3* – муфта; *4* – механізм різки; *5* – варіатор; *6* – блок електронагрівачів; *7* – приймальний бункер; *8* – електродвигун; *9* – корпус підшипника; *10* – вал редуктора

Машина складається із станини *1*, бункера *7*, корпусу підшипника *9*, механізму різки *4*, варіатора , щита управління з нагрівачами. Машина має два індивідуальних привода : для шнека і механізму різки.

На верхній плиті зварної станини встановлений електродвигун *8* приводу шнека, який з'єднаний через муфту *3* швидкохідним валом редуктора *10*. Останній, в свою чергу, за допомогою муфти з'єднується з валом корпуса підшипника. В литому корпусі підшипника встановлений вал, який обертається в радіальних підшипниках кочення. Для сприймання осьового навантаження від формуючого шнека в корпусі встановлений опорний шарикопідшипник.

До корпусу підшипника фланцем кріпиться зварний циліндр з розташованим всередині нього шнеком. З протилежної сторони циліндр закритий матрицею. Температура в робочий зоні контролюється термопарами, які введені в зону через пробку *5*.

Для нагріву кукурудзяної маси в передній частині циліндра закріплений блок електронагрівачів *6*.

У переднього торця матриці розташований механізм різки з обертаючими ножами, який приводиться в рух від окремого електродвигуна через безступінчастий варіатор. Електродвигун і варіатор знаходяться в середині станини. Частота обертання варіатора регулюється рукояткою *2*, яка встановлена в безпосередній близькості від панелі управління. Для зручності обслуговування механізм різки відводиться в сторону.

Над циліндром встановлений бункер для приймання кукурудзяної крупи. Кукурудзяна крупа із бункера машини через регулюючу заслінку надходить в приймальний отвір циліндра, де відбувається пресування продукту і нагрів до температури 145° С.

В результаті впливу тепла, вологи і тиску крупа перетворюється в пластичну масу, яка видавлюється шнеком через отвір матриці. При виході із отворів матриці маса під дією пари, який утворюється із перегрітої вологи, вибухає, утворюючи пористу хрустку жилу. Механізм різки ділить жили, які виходять на палички, які відносяться до конвеєру.

Порція крупи (1,5-2,0 кг при температурі в циліндрі 80-145°С) приготовляється за 30-60 хв.

Режим нагріву циліндра підбирається для кожної машини індивідуально в залежності від сорту, помелу, вологості крупи і ступеню зношення.

Технічна характеристика екструдерів цього типу наведена в табл. 8.9.

Таблиця 8.9

Технічна характеристика екструдерів

Показник	А1-КХП	Б8-КХ-ЗП
Продуктивність, кг/год	75	90
Потужність, кВт: приводу електронагрівача	 21 3,84	 18,5 2,8
Число шнеків	1	1
Частота обертання шнеків, $хв^{-1}$	71	79,3
Діаметр шнеків, мм	155	74
Максимальна температура в зоні нагріву, °С	145	160-180

Максимально допустимий тиск екструзії, МПа	10	12
Габаритні розміри, мм	1750×890×1635	1200×1200×1900
Маса, кг	1300	950

Машина Б8-КХ-ЗП (рис. 8.11) призначена для виробництва паличок із кукурудзяної крупи шляхом її теплової і механічної обробки з послідуючим фасуванням на інших автоматах.

Машина складається із станини *1*, формуючого механізму *2*, механізму відрізки *5* паличок по довжині, ворушувач *3* кукурудзяної крупи, блоку електронагрівачів *4*.

Формуючий механізм складається із охоплюючого шнека з правою нарізкою, шнекової втулки з лівою нарізкою, матриці з дванадцятю отворами діаметром 3 мм, обійми з чотирма відрізними ножами, яка приводиться в рух через ланцюгову та клинопасову передачі від електродвигуна.

Ворушувач представляє собою корпус, в середині якого обертається вал, який перемішує крупу, що надходить із бункера.

Блок електронагрівачів призначений для нагрівання робочої зони машини в період пуску і автоматичної підтримки постійної температури від 160 до 180°С.

Щоб уникнути перегріву машини у зоні завантаження передбачається примусове водяне циркуляційне охолодження корпуса формуючого механізму з підключенням до мережі водозабезпечення.

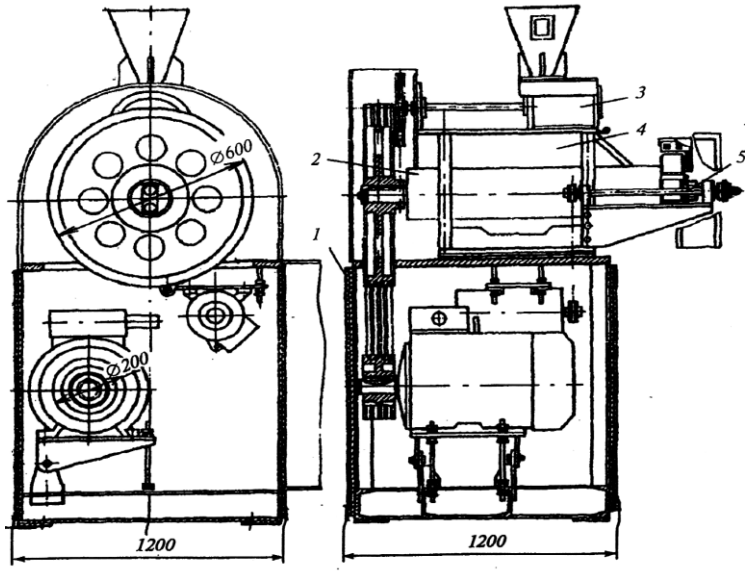


Рис. 8.11. Машина Б8-КХ-ЗП:

1 – станина; *2* – формуючий механізм; *3* – ворушувач; *4* – блок електронагрівачів; *5* – механізм відрізки

Схемою машини передбачено ручне управління електроприводами шнеку і ножа, а також ручне і автоматичне управління блоком нагрівачів.

Перед пуском машини проводиться нагрівання робочої зони формуючого механізму протягом 30-35 хв до 160-180°С за допомогою блоку електронагрівачів. За 25-30 хв до пуску машини готується перша порція крупи вологістю 20-21%. Підготовлена крупа по спеціальному лотку вручну засипається невеликим потоком в отвір зони завантаження при включеній машині. Після виходу паличок із формуючої матриці відкривається заслінка, і в машину надходить крупа вологістю 13-14%.

Нагрів продукту в момент запуску відбувається за рахунок теплопередачі, а в подальшому – за рахунок тепла, яке утворюється в результаті тертя між продуктом, шнеком і шнековою втулкою. Впресована напіврідка маса за рахунок перепаду тиску при виході із отвору формуючої матриці вибухає з діаметра 3мм до діаметра 8-12мм.

Застосування екструзійних технологій при виробництві стартерних і інших комбікормів для свиней і птиці. Сучасні екструзійні технології для виробництва БВК, пристартерних, гроверних та ін. видів комбікормів знаходять широке застосування в годуванні тварин і птиці. Це, передусім, пов'язано з високою вартістю сухого молока і його замінників, рибних, тваринних інгредієнтів, збільшенням питомої маси бобових і необхідністю їх переробки переважно на кормові цілі. Намітився стійкий ріст численності невеликих виробництв для переробки сої (застосування спеціалізованих «соєвих» екструдерів), при цьому забезпечується стійка рентабельність від реалізації макухи та олії на рівні 28 – 100%. В годуванні тварин часто використовується і знежирений соєвий екструдат.

Екструзійна обробка дозволяє покращити якість протеїну кормів, забезпечує реструктуризацію крохмалю і інших напівцукрів, інактивувати антипоживні речовини, а також збільшується продуктивність машин і якість переробки зернової сировини. На ринку харчового машинобудування з'явились різні марки екструдерів: Е-150, Е-250, Е-500, Е-1000, Е-1500, УЕ 3-ф-800 У-500, ПЕК-125×8С(40×5В); Insta-Pro-2000R; КМЗ-2У; ШТАК-50(80) та ін., які мають різні технологічні характеристики і можливості по ефективності переробки сировини (особливо сої). Це зв'язано з різницею в температурному режимі по зонам (завантаження, гомогенізації), тиском, вологістю, а також, типом сировини (кукурудза, ячмінь, зерносуміші, соя, горох та ін.). Використовуються силові агрегати різної потужності. Машини мають і різний рівень стійкості (спрацювання). Ці фактори являються визначними в питанні якості одержуваного продукту, що виражаються в характерних показниках (ступеню вибухання, вологості, гігроскопічності, інактивації уреази і інгібіторів і ін.), а також зовнішньому виді, запаху, кольорі і смакових якостях екструдата.

На сьогодні знаходяться в експлуатації нові марки екструдерів, які здатні ефективно переробляти зерно і сою з продуктивністю 500 і 1000 кг/год, які дають наступні показники якості для соєвих продуктів – питома активність – 0,15 – 0,18 од. pH, показник розчинності білка сої – 79 - 83%.

Характеристика основ екструзії зерна злакових, гороху і сої. В основі екструдування зерна і зернової суміші (сировини) лежать два процеси: механо-хімічний і «вибух» продукту. Останній проходить в результаті різкої зміни тиску в зерні на виході з екструдера. Ці два процеси безперервні і відбуваються при високому ступеню стиснення і визначеній швидкості проходження сировини через екструдер.

Метод сухого екструдування: вплив температури тут суміщається з ефектом різкого перепаду тиску в момент викидання продукту з екструдера.

Помірний рівень теплової дії – 150°С в кінці процесу на протязі 3-4 хв (тривалість всього процесу 25 с) приводить до рівномірної денатурації нативного білку, не порушуючи первинні сполуки амінокислот і тим самим зберігаючи поживну цінність протеїну. Активність ферментів (в першу чергу інгібіторів трипсину в сої) знижується до допустимої норми, яка забезпечує максимальну кормову ефективність.

Енергетична фракція в зерні представлена вуглеводами (злакові, горох) і жиром (соя). При проходженні крохмалю через екструдер він желатинізується і на виході збільшується в об'ємі. Цей ефект забезпечується руйнуванням структури гранул і розривом молекулярного ланцюга крохмалю. Весь процес нагадує гаряче зволоження цього полісахариду. Відмінність полягає в тому, що при екструдуванні процес відбувається в умовах більш низької вологості і набагато швидше. Тієї вологості, яка необхідна для змащення екструдера, достатньо для желатинізації. При виході продукту з установки волога випаровується, і крохмальний гель швидко твердіє. Ступінь збільшення продукту в об`ємі залежить від вмісту крохмалю. При екструдуванні певний відсоток крохмалю перетворюється в декстрини, що нагадує явище, яке проходить при пропарюванні зерен.

Екструдування збільшує доступність олії в сої за рахунок розриву олієвмісних клітин. Це відбувається при різкому перепаді тиску (від 40 до 1 атм) в момент викиду продукту. Тому, екструдат являє собою маслянисту гомогенну масу. При підпарюванні цей ефект не досягається навіть при найменшому подрібнені соєвих бобів. Екструдат довгий час не прогіркає через наявність лецитину, токоферолів і інактивації ліпооксидази.

Екструзія сприяє утворенню комплексного з'єднання жиру з крохмалем в зерні у співвідношенні 1:10, а також впливає на клітковину, змінюючи її щільність шляхом руйнування структури механічними факторами і вологою.

При рекомендованих режимах екструзії в зерні гине велика частина мікрофлори (бактерії, гриби). Це дуже важливо, якщо зерно пошкоджується пліснявою і має велику бактеріальну обсемененність. У процесі екструзії в зерні кукурудзи і пшениці мікроорганізми гинуть повністю, а в ячмені їх залишається близько 6% через високу температуру (130-160°С) і тиск (20-80 атм).

Процес екструзії здійснюється наступним чином: сировина подається через завантажувальний бункер в машину. По мірі переміщення частин в робочій камері збільшується ступінь стиску, який визначається відношенням площі робочого каналу і площі філь'єри на виході. Ущільнюючись, сировина прогрівається як за рахунок сил тертя частин з поверхнею обертаючих робочих органів, так і за рахунок (в окремих моделях) додаткового джерела тепла (так звана «теплова» рубашка екструдера). Під дією цих факторів зерно всіх культур може піддаватись фазовим перетворенням з крихкого склоподібного стану (на початку процесу) у високоеластичний, а потім у в'язкотекучий. Фазові переходи розділяють весь процес екструдування на технологічні зони – завантаження, стиску, гомогенізації і «вибуху». В зоні завантаження зміни в сировині практично не відбуваються. Високоеластичного стану воно набуває в зоні стиску, де відбувається часткове руйнування клітин крохмалю, целюлози і лигніну. В зоні гомогенізації сировина набуває особливий стан – в'язкотекучий. В окремих біополімерах (білок, крохмаль, клітковина) з`являються структурні зміни. Проте, основні і найбільш важливі зміни в зерні проходять в зоні екструзії («вибуху») при швидкому викиданні сировини з зони високого тиску в зону атмосферного. Акумульована сировиною енергія вивільнюється зі швидкістю вибуху, що призводить до видування продукту, з глибоким перетворенням структури і властивостей окремих поживних речовин.

Склад екструдованої сої

Вологість – 8,0%; сирий протеїн – 32 - 38%; перетравний протеїн – 28 – 33,5%; сира клітковина – 9,5; лізин – 21г/кг; метіонін – 5,0;

цистин – 5,4; триптофан – 4,7; аргенін – 25,9; фосфор – 5,5; доступний фосфор – 2,0 г/кг; жир 16,5 – 18,5%.

Міжнародні стандарти знежиреної (в т.ч.) екструдованої сої, характеризуються показниками наведеними в таблиці 8.10.

Таблиця 8.10

Міжнародні стандарти екструдованої сої

Активність уреази	0,1 – 0,3 А од. pH
Засвоєний лізин	6% від неочищенного білка
Крохмаль	3,8 – 4,3 мг/г
Використання чистого білка	60%
Активність інгібіторів	10 – 15 від неочищенного

Результати використання екструдованих кормів

Застосування повножирного (знежиреного) екструдата сої (ЕС) дозволяє вирішити важливі проблеми свинарництва.

1. Різко підвищити енергетичну цінність і доступність зерносумішей, комбікормів до рівня, якого важко досягти традиційними домішками вуглеводистих або білкових кормів. Рівень обмінної енергії соєвої олії складає 100 од. Енергетична цінність кормів складає 6%; кукурудзи – 42; пшениці – 38; сорго і рибного борошна – 34; ячменю – 33; вівса – 32; м`ясного борошна – 25; люцернового борошна – 14;
2. Покращити смакові властивості і зовнішній вигляд всіх видів зернових кормосумішей і комбікормів, ліквідувати розпиленість останнього на 90%, попередити розшарування суміші при зберіганні і транспортуванні;
3. Підвищити загальну біологічну цінність комбікормів і складових їх домішок за рахунок явища синергізму (покращення всмоктування жиророзчинних вітамінів);
4. Значно покращити життєздатність поросят і їх енергію росту на 12 – 20%;
5. Збільшити репродуктивні функції свиноматок;
6. На відкормі збільшити середньодобовий приріст, зменшити витрати корму на 1 кг приросту на 0,5 – 1,2 корм. од., покращити смак і ніжність свинини та істотно збільшити рентабельність виробництва

не тільки в умовах промислових технологій, але і в малих і середніх господарствах.

Екструзія зерна злакових (кукурудза, ячмінь, тритікале, пшениця) дозволяє збільшити в них рівень цукру до 15%, а декстринів (продуктів первинного гідролізу крохмалю) – більш чим в 5 разів, в порівнянні з початковими зразками. Тоді як кількість крохмалю зменшується на 12 – 14%, що дозволяє використовувати екструдати зерна та гороху на рівні, відповідно, 45 – 60 і 27 – 32% в раціонах поросят, в т. ч. раннього відлучення. Це дозволяє істотно скоротити рівень використання молочних кормів на ½ і білково-енергетичних джерел мікробіологічного і тваринного походження (до 30 – 60%). Знизити собівартість вирощування поросят до 30 – 50%.

Характеристики екструдованих кормів

Екструдована кукурудза:

- кормових одиниць – 1,41,
- обмінної енергії – 14,5 МДж,
- сирого протеїну – 42 г,
- сирого жиру – 42,
- лізин – 2,7 г.

Має дуже високий вміст обмінної енергії і низький вміст клітковини. Являється добрим джерелом метіоніну і незамінних жирних кислот. Використовується в стартерних комбікормах. Рівень вводу 30 – 40%. Сприяє ранньому звиканню поросят і телят до сухого підживлення, дає високу енергію росту, добрий компонент при виробництві замінника цінного молока.

Екструдований ячмінь:

- кормових одиниць – 1,24,
- обмінної енергії – 13,6 МДж,
- сирого протеїну – 114 г,
- сирого жиру – 23 г,
- лізину – 4,2 г.

Має високі смакові якості і збільшену до 12% кількість перетравлювання поживних речовин в організмі поросят раннього віку. Рівень вводу до 50% в рецептурах стартових комбікормів.

Екструдований лущильний ячмінь:

- кормових одиниць – 1,35,
- обмінної енергії – 14,2 МДж,
- сирого протеїну – 157 г,
- сирого жиру – 30 г,
- лізину – 4,7 г.

Високоцінний енергетичний компонент з низьким (2,2%) вмістом клітковини.

Екструдована кукурядзяно-горохова зерносуміш:

- кормових одиниць – 1,33,
- обмінної енергії – 14,7 МДж,
- сирого протеїну – 157 г,
- сирого жиру – 29 г,
- лізину – 9,1 г.

Енерго-протеїнова домішка до раціону поросят. Особливо добре зарекомендувала себе при сполученні з кормовим лізином (1 - 2% ККЛ Ліпрот СГ - 9). Рівень вводу в зерносуміш до 50%. Рекомендовано в раціонах з підвищенним вмістом клітковини, сприяє ранньому приручennю поросят і телят до підгодовування і істотно здешевлює раціон за рахунок економії енергії і протеїну. Добрі смакові якості і згодовування.

Соєва олія:

За допомогою пресу із повножирної екструдованої сої одержують соєву олію, яка завдяки екструзії містить велику кількість токоферолів (природні антиокислювачі) і знижену кількість хлорофілу, фосфоліпідів, перекисів і вільних жирних кислот. Така олія має тривалий строк зберігання (такі ферменти, як ліпаза, що викликає прогіркання олій, руйнуються, а ліцитин і токофероли – природні стабілізатори, зберігають повну активність, добру текучість, легко рафінуються). Соєва олія користується великим попитом, як кормовий додаток для птахів і корів, і як сировина для лакофарбової промисловості.

Екструдований горох містить:

- кормових одиниць – 1,24,
- обмінної енергії – 13,7 МДж,
- сирого протеїну – 220 г,

- сирого жиру – 16 г,
- лізину – 15,5 г.

Високопротеїновий продукт з добрим набором амінокислот і легкодоступних вуглеводів. Може використовуватися як основне джерело білка в комбікормах для поросят і на відгодівлі. Володіє високими смаковими якостями і ароматним запахом. Рівень вводу 10 – 30%. Здешевлює раціони свиней (на 20-30%) за рахунок економії кормів тваринного походження. При високих рівнях вводу (більше 20%) знижує товщину шпику (до 5 мм) і збільшує вміст м'яса в тушці.

Екструдована горохово-соєва суміш (70:30) містить:

- кормових одиниць – 1,32,
- обмінної енергії – 14,6 МДж,
- сирого протеїну – 260 г,
- сирого жиру – 65,2 г,
- лізину – 20 г.

Збільшений вміст протеїну і амінокислот. Добре джерело жиру, доступних вуглеводів і додаткового лізину при помірній ціні продукту. Використовують в раціонах всіх груп свиней в кількості 10-30 %. Особливо цінний в згодовуванні поросят і молодняка. Має прекрасний смак і ароматичні властивості. Використання продукту має економічні переваги, які характерні для екструдатів сої і гороху в програмах згодовування поросят і птиці.

Соєвий жмих (після екструзії) містить:

- активність уреази – 0,08-0,2 од. pH,
- кормових одиниць – 1,35,
- обмінної енергії – 15,5 МДж,
- сирого протеїну – 420 г,
- сирого жиру – 80 г,
- лізину – 26 г.

Найцінніший високобілковий компонент комбікормів для всіх груп свиней, корів, птиці. По поживній цінності практично аналогічний соєвому шроту, іноді перевищує його.

Сприяє збільшенню високих приростів живої маси і м`ясності туш. Може ефективно використовуватися на всіх, у тому числі на

заключних, фазах для збільшення виходу м`яса в тушах. Замінює більшість високобілкових джерел тваринного походження. Сприяє великій енергій росту і зниженню витрат кормів. Особливо рекомендований для відгодівлі м'ясних генотипів, рівень вводу – 10-20%.

8.5. Апарати для поглибленої термічної обробки зернової сировини

Використання ефекту «теплового удару» при обробці зерна. Особливості процесу обжарювання зерна. До цього виду обробки відносяться технології «Джет - Про», які мають назву однойменної фірми в США, що являється однією з перших виробників найбільш глибоко дескринизованих продуктів із зерна для тваринництва. Її принцип полягає в ефективному використанні теплового удару. Найбільш простий варіант такої технології – обжарювання.

Для злакових і подібних до зерна інших сухих матеріалів або відходів є два основних типи обжарювачів – обертальний барабан і псевдокиплячий шар. Відмінність лише в тому, як сировина або відходи рухаються всередині обжарювача для ефективного нагріву.

В обжарювачі барабанного типу застосовується пряме полум'я, непряме полум'я або пар.

В обжарювачі з псевдокиплячим шаром можуть застосовуватися повітря, сіль, силікат або інші механізми передачі нагріву, але основна відмінність від обжарювача барабанного типу полягає в їх здібності обробляти продукт, який підвішений в середовищі, що передає тепло. Є також інфрачервоні і мікрохвильові процеси, які схожі з обжарюванням за винятком того, що в цих процесах використовуються джерела енергії, які прямо передають її в продукт і готують продукт зсередини.

Ефективність обжарювання всіх поживних речовин і інших матеріалів залежить від трьох взаємопов'язаних факторів:

- вологість продукту (більш точно – активність води);
- час перебування продукту в обжарювачі;
- температура повітря або полум`я в ньому, у зв`язку з кінцевою температурою продукту.

Кожний тип обжарювача має особисте вимірювання ефективності, але в загальному все зводиться до температури повітря в ньому, яка може підтримуватися в ньому так, щоб у продукті була бажана температура в процесі його проходження через обжарювач (приймається до уваги навіть проходження тепла через продукт). Всім зрозуміло, що чим вище температура в обжарювачі, тим вище ефективність пристрою. Відповідно, окрім дизайну обжарювача, передача тепла стає головним фактором у визначені ефективності обжарювача. Ефективність і якість приготуваня також залежать від обжарювання при мінімальній температурі, яка дозволяє одержати бажаний продукт при вихідній температурі. Наприклад, при високій температурі тонкі краї кукурудзяних висівок або соєвого лушпиння, які обгоряють у процесі обжарювання досягають своєї оптимальної точки тим швидше, чим тонші частки або внутрішній шар насіння. Тому, висока температура повітря або полум'я, яка пов'язана з температурою продукту, шкідлива із-за можливого запалення, займання, обвуглювання. Будь-яке обвуглювання або підгоряння знижують смакові якості та очікувану якість обжарюваного продукту. Для соєвих бобів це означає, що обвуглювання і відносна втрата смаку пов'язана з неготовністю продукту (всередині уреаза і інгібітор трепсину все іще активовані).

Обвуглювання – звичайно критичний момент при використанні в обжарювачах відкритого полум`я. Таке становище призводить до необхідності зниження температури в обжарювачі і до неминучого зниження продуктивності пристрою.

В пристроях із псевдокиплячим шаром, який підтримується полум`ям, в окремому відсіці можна обжарити більше продукту, завдяки високій продуктивності в порівнянні з роторним обжарювачем. Для великих комбікормових заводів знижається риск пожарів (це найбільш критична частина в технологічному процесі в пожеженебезпечному відношенні).

Експериментальні розробки процесів екструдування

Перспективним напрямком і розвитком високоефективних технологій АПК є створення апаратів для поглибленої термічної обробки зернової сировини шляхом створення в них процесів тепломасообміну в зваженому стані з використанням активних

гідродинамічних режимів. Такі режими реалізуються, наприклад, у фонтануючих, прохідних киплячих і віброкиплячих шарах, закручених, хвильових струменях.

Серед них особливе місце займає термообробка матеріалу в потоці теплоносія з використанням додаткових активізуючих елементів (гальмових пристроїв). В порівнянні з традиційними, даний спосіб забезпечує високі швидкості руху фаз, коефіцієнти тепловіддачі, значно менше часу обробки матеріалу, а також створює умови для збільшення енергозберігаючих показників технологічних процесів і апаратів, покращення якості матеріалу на основі проведення корисних фізико-хімічних і біологічних перетворень. В інституті тепло-масообміну (Республіка Білорусь) розроблена і впроваджена різновидність такої технології.

У зерні злакових культур є багато крохмалю (до 75%), засвоєння якого при годуванні тварин відбувається повільно і неповністю. Задача переведення крохмалю в зручну для засвоєння форму буде успішною, якщо розірвати зернисту структуру крохмалю і перевести його в більш прості вуглеводи – декстрини і цукор.

Керувальний підвід тепла до зерна збільшує його перетравленість і полегшує його плющення і вибух. Звичайно процес переробки зерна являється функцією таких факторів як температура, вологість, час обробки, обсяг яких варіюється при використанні різних методів і технологій. Існуючі методи конвективного і променистого (інфрачервоного) підведення тепла використовують відносно більш низькі температури і потребують додаткового зволоження зерна. Час переробки зерна в кращих із них (мікронізатори, джет-сплодери) складають біля однієї хвилини. В таблиці 8.11 приведені дані різних методів термообробки зерна.

Таблиця 8.11

Порівняння інтенсивності теплообміну, експозиції і швидкості нагріву зерна при різних методах його термообробки

Метод термообробки	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м^2	Приблизний час обробки, с	Приблизна швидкість нагріваня зерна, °С/с
Конвективна			

термообробка: - у щільному шарі - в киплячому шарі - в пневмотрубі Мікронізація Термообробка в електричному полі	 30 – 120 28 – 104 350 – 500 350 – 500 350 – 500	 300 – 120 50 – 100 8 – 15 50 – 100 50 – 100	 2 – 5 80 – 120 150 – 250 60 – 90 60 – 90

Для термоекструдування використовують найбільш високі температури і на порядок менше часу обробки зерна за рахунок більш інтенсивного підвода тепла до зерна – в спеціально організованому режимі теплового удару. В цих умовах відпадає необхідність в штучному зволожені зерна. Використовується тільки внутрішня природна волога зерна.

Керуючи в широкому діапазоні швидкістю виділення вологи і підводу тепла, часом обробки зерна, вдається оптимізувати поживні якості різних видів зерна більш ефектиктивно, ніж раніше.

Термоекструдована продукція одержується більш рівномірного складу, тривалий час зберігає свої високі кормові властивості, як у вигляді підірваного і здутого зерна, так і пластівців або борошна в складі комбікормів.

У момент досягнення максимального тиску у зернівці крохмаль модифікується на більш прості, легкозасвоюванні вуглеводи, після чого здуте і підірване зерно плющиться, дробиться або воно подається на корм в цілому вигляді без вказаної обробки.

В зернобобових нейтралізуються інгібітори трипсину, хемотрипсину та ін., що негативно впливають на засвоєння тваринних кормів, запобігають збільшенню вмісту зернобобових культур в раціонах кормів.

Зокрема, збезпечується можливість ефективного використання в кормах соєвих і ріпакових шротів, а також збільшення в раціоні злаків жита знезараженого від інгібіторів. Все це дозволяє одержати повноцінні корми, які забезпечують максимальні прирости сільськогосподарських тварин і птиці. Продукти такої технологічної обробки можуть бути використані в харчовій промисловості.

Технологічна схема передбачає змішування вихідного зерна з поступаючим з теплогенератора теплоносієм, нагрів зерна до

температури, що перевищує 100°С з утворенням перегрітої водяної пари, термознезаражуваня, вибух і здуття зерна в зустрічноструменному реакторі в режимі теплового удару, вивід зерна через плющильне або дробильне обладнання, або його охолодження в цілому вигляді.

Основна маса теплоносія рециркулює у замкнутій системі з осадом зернового пилу в циклоні і нагрівом теплоносія в теплогенераторі. Спеціалістами інституту тепло-масообміну розроблені три типи екструдерів, які використовують в якості теплоносія нагріте повітря, перегрітий водяний пар і суміш повітря з димовими газами від спалювання палива.

У таблиці 8.12 наведена технічна характеристика розроблених приладів. На рис. 8.12 показано схему термоекструдера ТДЗ-1П.

Таблиця 8.12

Технічна характеристика термоекструдерів

Назва	Продуктив-ність, т/год	Питомі норми витрати палива		Вживання енергії, кВт/год	Примітка
		Рідке, кг/т зерна	Газ, $м^3$/т зерна		
Термоекструдер ТВ – 3М	до 2 (злакові) до 1,5 (бобові)	-	-	85 – 140	Діючий пристрій
Термоекструдер ТДЗ – 1П	1	-	-	а) 70 б) 70 +1 22 кг пари	а) Проектний пристрій б) Діючий пристрій
Термоекструдер ТВ ДЗ доповненя до АВМ – 0,65 (повітря-дим)	а) 1 – 1,2 б) 1,5 – 2,0	25 – 30 15 – 20	- -	46 – 50 28 – 37	Модифікація АВМ – 0,65 використовуючи модуль термовструдування а) діюча б) проектна
Термоекструдер КТ ДЗ-150(260) (гаряче повітря) експериментальна	0,26	-	-	120	Повністю автомати-ний пристрій

Особливості процесу екструдування

Процес екструдування відноситься до термодинамічних методів обробки, які використовують як статичні режими впливу, так і динамічний ефект тиску температур, осмосу та ін. В основі лежить два процеси – механохімічна деструкція, яка спостерігається на всіх етапах процесу, і «вибух», або «декомпресійний шок», який відбувається на виході продукту з екструдера. Ці процеси здійснюються під дією деформаційних навантажень і теплоти.

Під дією названих факторів біополімери піддаються фазовим перетворенням: крихкий склоподібний стан – високоеластичний стан – в`язкотекучий стан.

Процес екструзії можна розділити на ряд технологічних зон: завантаженя, стиснення, гомогенізація, власне екструзія (рис. 8.12).

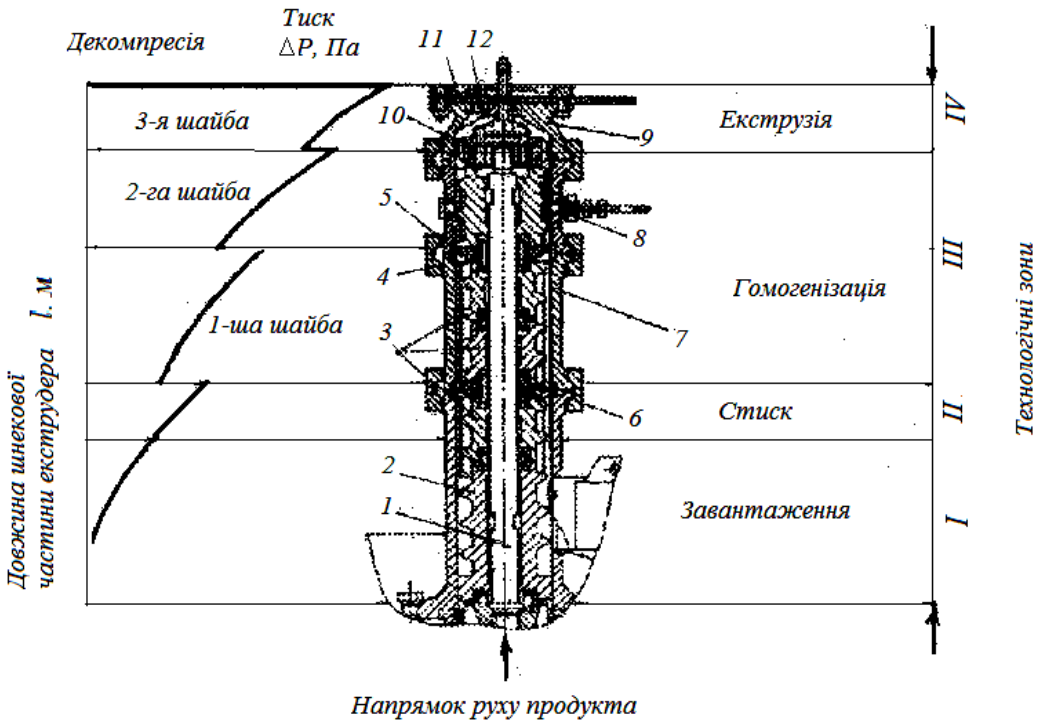


Рис. 8.12. Технологічні зони, діаграма тиску по довжині робочої зони екструдера КМЗ - 2:

1 – вал; *2* – падаючий шнек; *3* – робочий шнек; *4* – хомут; *5* – змінне кільце; 6 – “гріюча” або паро-запірна, шайба; *7* – корпус; *8* – термопара; 9 –

носовий корпус; *10* – гайка; *11* – регульований отвір для виходу готового продукту; *12* – ніж

В зоні завантаження змін в продукті практично не спостерігається. Високоеластичного стану продукт набуває у зоні стиснення. Тут відбувається значне руйнування клітинної структури і текстури його природних компонентів (архітектоніки). В зоні гомогенізації продукт набуває в'язкотекучий стан, при якому структурні перетворення біополімерів (крохмаль, білок, клітковина) сягають більш високого рівня.

В результаті екструзії спостерігається явище денатурації білка, інактивації антипоживних речовин (табл. 8.13 і рис. 8.13), декстринізації крохмалю, деструкції, целлюлозно-лігнінових утворень, практично повної стерилізації продуктів екструзії, утворення мікропористої структури продукту.

Таблиця 8. 13

Якісні зміни фуражного зерна при різних способах обробки

Вид обробки	Ступінь желатинізації, мг глюкози на 1 г проби
Подрібнення	75
Холодне екструдування, %:	
1-й прохід	254
2-й прохід	310
Гранулювання з пропарюванням	384
Плющення з пропарюванням	570
Теплове екструдування	586
Мікронізація	603

Основні і найбільш важливі зміни відбуваються в зоні екструзії при швидкому переносі матеріалу з зони високого тиску (16×10^5 Па і більше) в область атмосферного тиску. Аккумульована продуктом енергія вивільнюється при цьому зі швидкістю, приблизно рівній швидкості вибуху, і довершує структурні перетворення: розрив клітинних стінок, деструкцію, гідроліз.

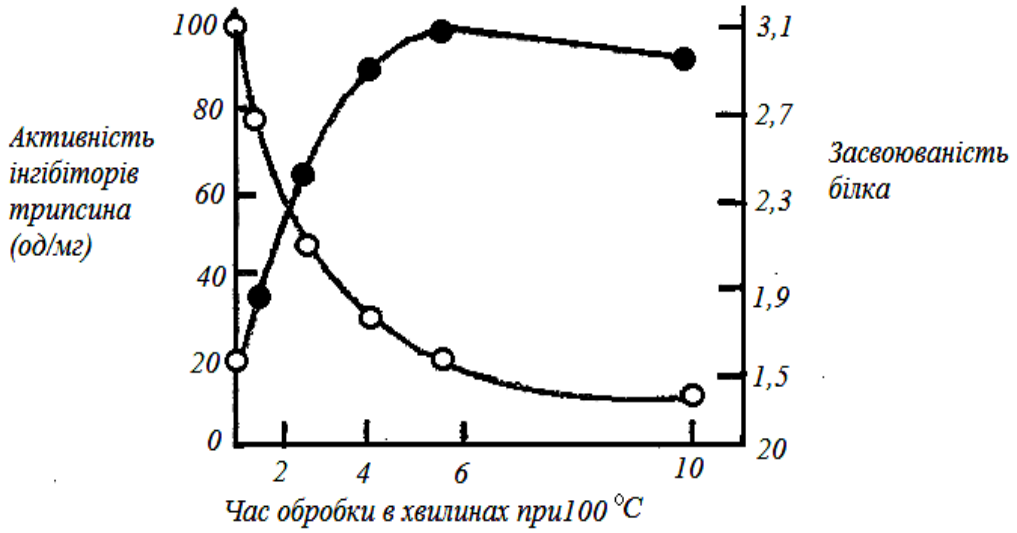


Рис. 8.13. Вплив умов обробки на засвоюваність і активність інгібітора трипсину в повножирній сої

Таблиця 8.14

Вплив температури і вологості на активність інгібітора трипсина і показник білкової цінності екструдованої повножирної сої

Температура екструзії, °С	Вологість, %	Активність уреази, pH	Зниження активності інгібітора трипсину, %	Рівень ефективності білка (казеїн – 2,5)
135	15	1,0	12	1,82
121	20	0,9	43	1,96
135	25	0,2	62	2,03
135	20	0,1	89	2,15
148	20	0,0	98	1,98
Мустакас та ін.; 1970 р.				
121	-	1,96	0	1,35
132	-	1,46	30	1,41
138	-	0,34	27	1,55
143	-	0,02	57	1,94
149	-	0,01	74	1,78
Лоренц, 1980 р.				

Екструдери типу КМЗ-2У. Екструдування зернових компонентів або їх сумішей проводять на екструдерах КМЗ-2У, КМЗ-2М, КМЗ-2 модернізованих з установою пропарювача.

Для покращення роботи екструдера, збільшення стабільності процесу екструдування слід перед екструдуванням проводити зволоження зернових продуктів водою або паром до вологості 17…18%.

Процес екструдування на КМЗ – 2У, КМЗ – 2М проводять при наступних параметрах:

- температура продукта на виході, °С – 120-430;
- навантаження основного двигуна, А – 60-65;
- напруга в мережі двигуна живильника, В – 100-150.

Режим роботи пропарювача:

- тиск пари, кг·см^2(МПа) – 1,0 – 3,0 (0,1- 0,3);
- витрати пари, кг/т – 50,0-75,0;
- температура пропаренної суміші на виході із пропарювача, °С – 70,0-80,0.

Екструдер КМЗ – 2У (рис. 8.14) складається зі звареної стани *1*, на яку встановлюють електродвигун основного приводу *3*, основа корпусу *2* і захисний кожух приводу *48*. Шнекова частина складається із приєднаного до основи *2* несучого цільного корпусу *31* і роз'єднаних по вісі корпусів *27* і *28* з'єднаних хомутами *25*, і обертових всередині їх шнеків: вхідного *4*, трьох середніх *6* і вихідного *10*, і головки. В місцях установлення хомутів ставлять «гріючі» шайби *29* і *30*, які встановлюють на шпильку *7*, вкручену у вал *50* на лівій різьбі за допомогою гайки *12*. Роз'єднані половини корпусу від повороту зафіксовані шпонками *8*. Корпус *31* має прямокутне вікно для кріплення лотка *32*, через яке суміш поступає в шнекову частину із дозатора *34*. Змінні кільця *11*, які встановлені між корпусами над «гріючими» шайбами *29* і *30*, призначені для зменшення зношення корпусів. Від шнека до шнеку обертальний момент передається за допомогою шпонок *5* і *9*.

Шнекова частина закінчується регулятором-гранулятором, який складається з корпусу *24* із закріпленим на ньому регульованим диском з держаком *15*, привідного валика *19* з ножем *17*, притисненим

до диску *11* з пружиною *18*. Обертання до привідного валика з ножем передається через повідець *22* і пальці *13*.

Екструдат виходить зі шнеку в сумісні отвори *16* в корпусі і регулюючому диску. Оберт регулюючого диску змінює прохідний переріз і, відповідно, тиск в робочій зоні. Для вимірювання температури обробки продукту в корпус *27* загвинчується термопара *26*, яка з'єднана проводом із вторинним приладом, який розташований на бічній панелі пристрою.

Привід шнеку екструдера складається з електродвигуна змінного струму *3* зі встановленим на його валу шківом *51*, пасової передачі з восьми клинових пасів і шківа *49* на валу *50* приводу шнека.

На основі встановлений бункер *39* з дозатором *34* і приводом *37*.

Дозатор *34* складається з корпусу *36* з лотком *32*, встановленого в шарикопідшипниках шнеку *35*, і приводу який включає електродвигун постійного струму *44* з регульованою частотою обертання шнека дозатора для зміни подачі суміші в шнекову частину, редуктор *46*, клинопасову передачу від двигуна до редуктора і ланцюгову від редуктора до шнека.

Для запобігання попадання металомагнітних домішок з сумішшю в шнекову частину в лотку *32* похило встановлений магнітний уловлювач, який складається з листового корпусу, до якого прикріплені два постійних пластинчатих магніта. Магнітний уловлювач слід періодично чистити.

Значно збільшується продуктивність екструдера при використанні змішувача-пропарювача, який встановлюється між живильником і шнеком (рис. 8.15).

Змішувач-пропарювач являє собою циліндричну камеру Ø200 мм і довжиною 670 мм. У ній знаходиться обертальний ротор з лопатками. Лопатки товщиною 6 мм і шириною 30 мм встановленні під кутом 45° до вісі валу з шагом 50 мм і зміщенням на 90°. Привід ротора здійснюється від окремого двигуна потужністю 3 кВт, частота обертання ротора 360 об/хв. Тиск пари перед змішувачем 0,1…0,3 МПа, витрати пари 50…75 кг/т, температура пропареної суміші перед екструдуванням 70…80°С, вологість 17…18%.

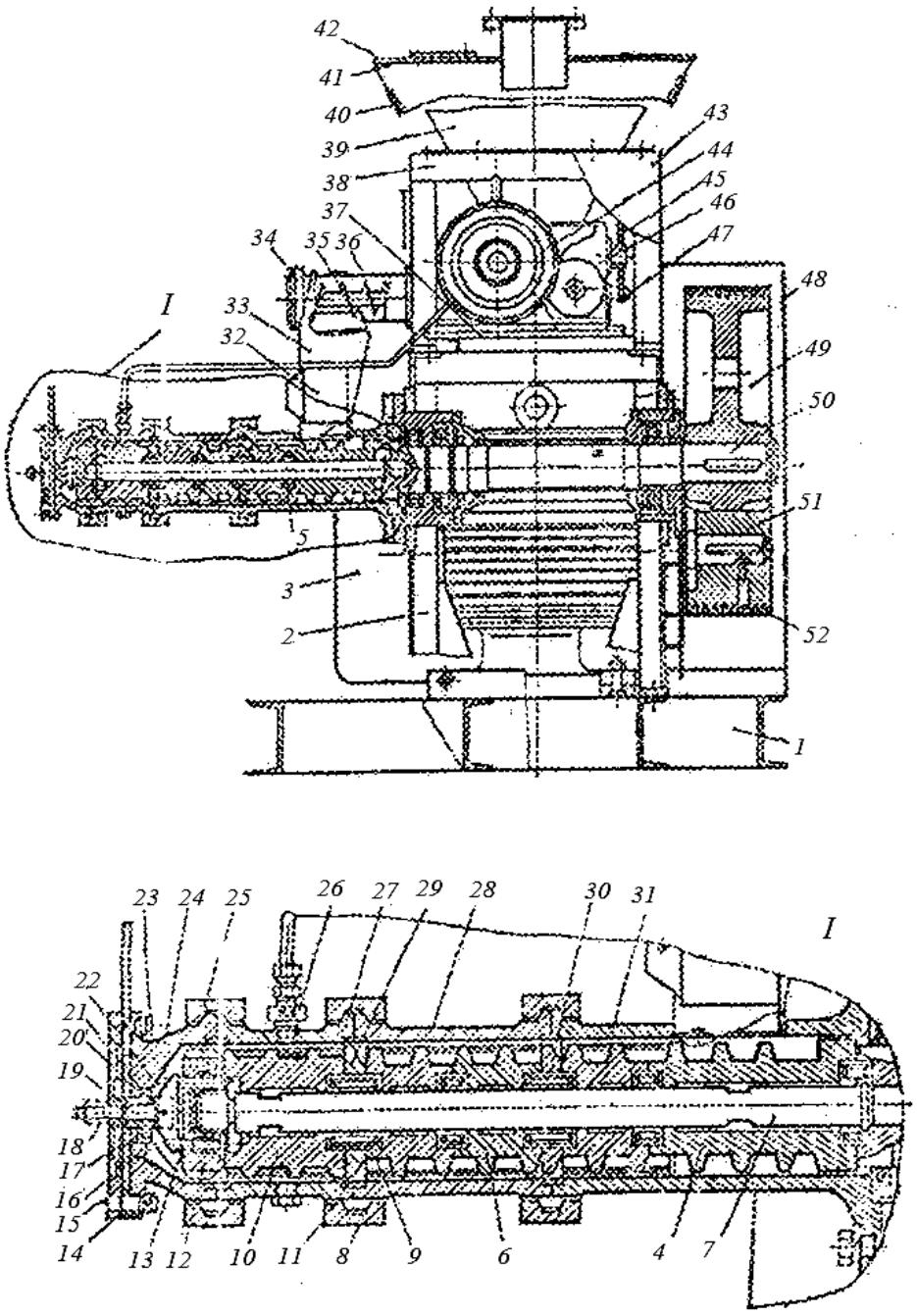


Рис. 8.14. Прес-екструдер КМЗ-2У:

1 – станина; *2* – основа корпуса; *3, 44* – електродвигун; *4* – вхідний шнек; *5, 2* – шпонки; *6, 35* – шнеки; *7* – вал; *8, 25* – хомути; *10* – вихідний шнек; *11* – змінне кільце; *12* – гайка; *13* – пальці; *14, 15* – диски; *16* – вихідний отвір; *17* – ніж; *18* – пружина; *19* – привідний валик; *20* – кільце; *21* – втулка; *22* – поводок; *23* – фіксуючий болт; *24* – носовий корпус; *26* – термопара; *27, 28, 31* – корпуси; *29, 30* – «гріючі» шайби; *32* – лоток; *33* – чохол; *34* –

дозатор; *36* – корпус дозатора; *37* – привід дозатора; *38* – стійка; *39* – бункер; *40* – оглядовий отвір; *41* – ущільнювальна прокладка; *42* – кришка; *43* – огорожа; *45* – зірочки; *46* – редуктор; *48* – кожух; 49 – шківи; *50* – вал; *52* – ремені

Технічні характеристики пропарювача: діаметр ротора 200 мм; довжина ротора - 670 мм; частота обертання ротора - 350 об/хв; привід-електродвигун 4А - 112 М643 (М - 3 к Вт; п -950 об/хв).

Охолодження екстудованого продукту – гранул – проводять в горизонтальних охолоджувачах марки Б6-ДОБ. Температура продукту після охолоджувача не повинна перевищувати температуру навколишнього повітря більше чим на 15 - 18°С.

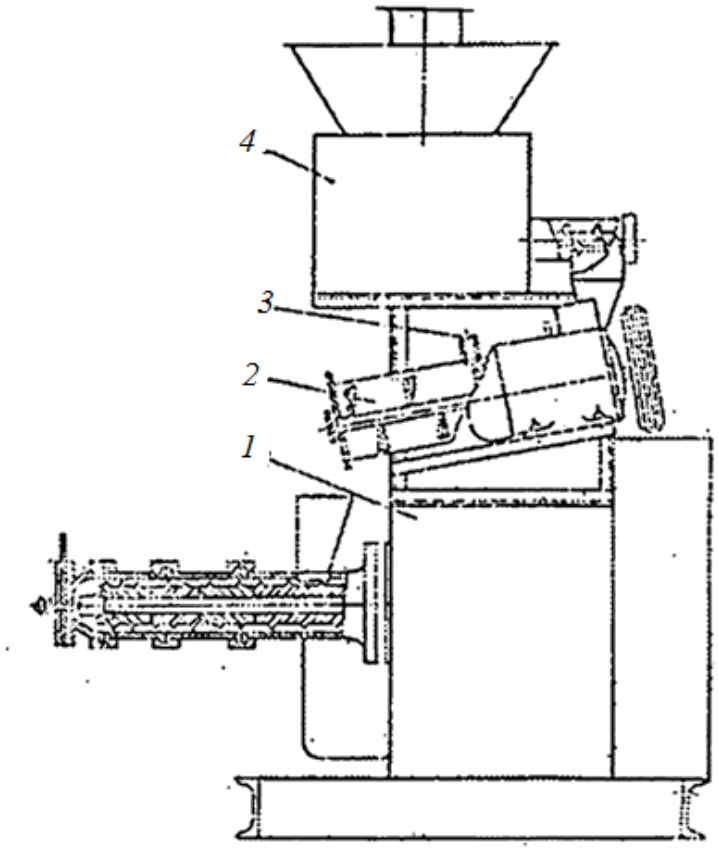


Рис. 8.15. Екструдер КМЗ, обладнаний пропарювачем:

1 – екструдер КМЗ-2; *2* – пропарювач; *3* – підвід пари; *4* – живильник екструдера КМЗ-2

Таблиця 8.15

Технічна характеристика прес-екструдера КМЗ – 2

Найменування показника	Значення
Продуктивність, кг/год	500
Діапазон робочих температур, °С	110 – 135
Потужність електродвигунів, кВт: - основного приводу - живильника	 40 0,8
Габарити, мм	1610×1860×1550
Маса, кг	1220

Охолоджувальна камера являє собою збірну конструкцію, яка складається з привідної і натяжної станцій, а також трьох боковин. В нижній частині камери знаходиться піддон, у верхній – кожух з оглядовими вікнами. Камера встановлена на трьох опорах. У верхній частині станції встановлений привод, який завдяки ланцюговій передачі приводить в обертання ведучий вал конвеєра. На контурі ланцюгової передачі передбачено блокуючий пристрій, який відключає конвеєр при перевантаженні. Між ведучим і відомим валами на зірочках встановлена стрічка конвеєра, яка складається з двох контурів тягових пластинчатих ланцюгів, між якими розташовані носії виготовлені з оцинкованих і пефорированих полотен. Частину носіїв, рівномірно розподілених по контуру, забезпечено гумовими скребками.

Привід конвеєра складається з електродвигуна, на валу якого знаходяться диски варіатора. Від нього варіаторним клиновим пасом обертання передається через шків швидкохідного валу редуктора.

На тихохідному валу редуктора закріплена зірочка, від неї завдяки ланцюговій передачі приводиться в рух конвеєр. При обертанні маховика плита з електродвигуном переміщується, при цьому диски розсовуються або зближуються, змінюється тільки передаточне відношення клинопасової передачі і відповідно швидкість руху конвеєра. Передбачено також блокування приводу від перевантаження конвеєру.

Охолоджувач працює наступним чином: сировина для екструдування через живильний пристрій передається на конвеєр.

Лоток живильного пристрою рівномірно розподіляє продукт по всій ширині охолоджувача. Через вікна, які розташовані в бічних секціях, повітря засмоктується з навколишнього середовища, проходить через полотна конвеєра, які закриті гратами, і шар продукту відсмоктується вентилятором, який з'єднаний повітроводом з верхнім кожухом охолодженої камери. Далі продукт охолоджується повітряним потоком, який утворюється вентилятором, а маленькі частинки, які просипаються через решітчасті полотна конвеєра, попадають на піддон і відходять з нього за рахунок дії скребків транспортеру.

8.6. Експандери для обробки зерна

Більш глибоку обробку зерна забезпечує експандирування. Це досягається за рахунок збільшення тиску в робочій камері до 40 бар і температури до 130°С, але все це на дуже короткий період. Цей спосіб широко застосовується в Європі і Америці.

Після обробки в експандері структурований комбікорм у вигляді крупки оптимальний для тварин, оскільки крупка на відміну від гранул не настільки тверда, тому не травмує шлунок, наприклад, у свиней; крупнозерниста, яка не утворює пилу і тим самим не викликає склеювання всередині органів травлення і не потрапляє в органи дихання; на відміну від розсипного або гранульованого комбікорму легко розчинюється у воді, зберігає стабільність і стійкість при транспортуванні, що важливо при згодовуванні свиням в напіврідкому стані; має велику поверхню і пористу структуру, що забезпечить більш легке проникнення шлункового соку і ферментів в експандований корм.

Експандування призводить до зменшення насипної маси в порівнянні з розсипним гранульованим комбікормом. Розсипний комбікорм для свиней має насипну масу 600 кг/м^3, у вигляді структурованого експандата – 500 кг/м^3.

Експандований корм відрізняється високою водопоглинаючою здатністю; суспензія з води і експандата стабільна, відсутні осади і селектування твердих речовин, так як це має місце в суміші розсипного комбікорма і води. Це дозволяє використовувати у великих об`ємах рідкі компоненти.

Рідкі компоненти, наприклад, жири, меласа, розчинне рибне борошно, можуть вводитися перед експандером в значно великих кількостях, причому їх доля в деяких рецептурах досягає 20%.

Експандирування рослинної сировини проводять за допомогою експандерів. В таблиці 8.16 приведена технічна характеристика експандерів,які випускаються в різних видах. При обробці продукта в експандері з кільцевим проміжком патогенні мікроорганізми гинуть. Гігієнічна обробка сприяє вибавленню від актуальних останнім часом колібактерій, сальмонелли та пліснявих грибів.

Експандер фірми «Amandus Kahl»

На рис. 8.16 наведена схема і загальний вигляд експандера фірми «Amandus Kahl» (Германія), а на рис. 8.17 – схема обладнання міні-експандування комбікормів і залишкових продуктів.

Експандер являє собою одновальну машину. Подібно одновальному екструдеру експандер складається із товстостінної змішувальної труби, яка розділена на сегменти. В середині труби розташований черв`ячний вал. В зоні захвата, вал складається із черв’ячної різьби, за допомогою якої корм передається на робочі елементи, так звані лопасті. В порожнині труби є стопорні болти і парові сопла, які гальмують рух корму, що викликає нагрівання матеріалу і нарощування тиску в напрямі до випускного пристрою. На відміну від екструдера у експандера в зоні випуску немає матриці. Пристроєм випуску являється конічне випускне кільце, яке може відкриватися і закриватися поршнем. Цей поршень відіграє роль клапана. В залежності від відкриття кільцевого зазору можна регулювати тиск в трубі експандера. Поршень рухається за допомогою гідравлічного циліндра, що дозволяє у будь-яку мить створювати необхідний тиск. Робочий діапазон експандера складає від 0 до 100 бар, вимірювання проводяться в блоці гідравліки. Дійсний внутрішній тиск, який діє на корм, складає приблизно половину виміряного тиску в системі гідравліки.

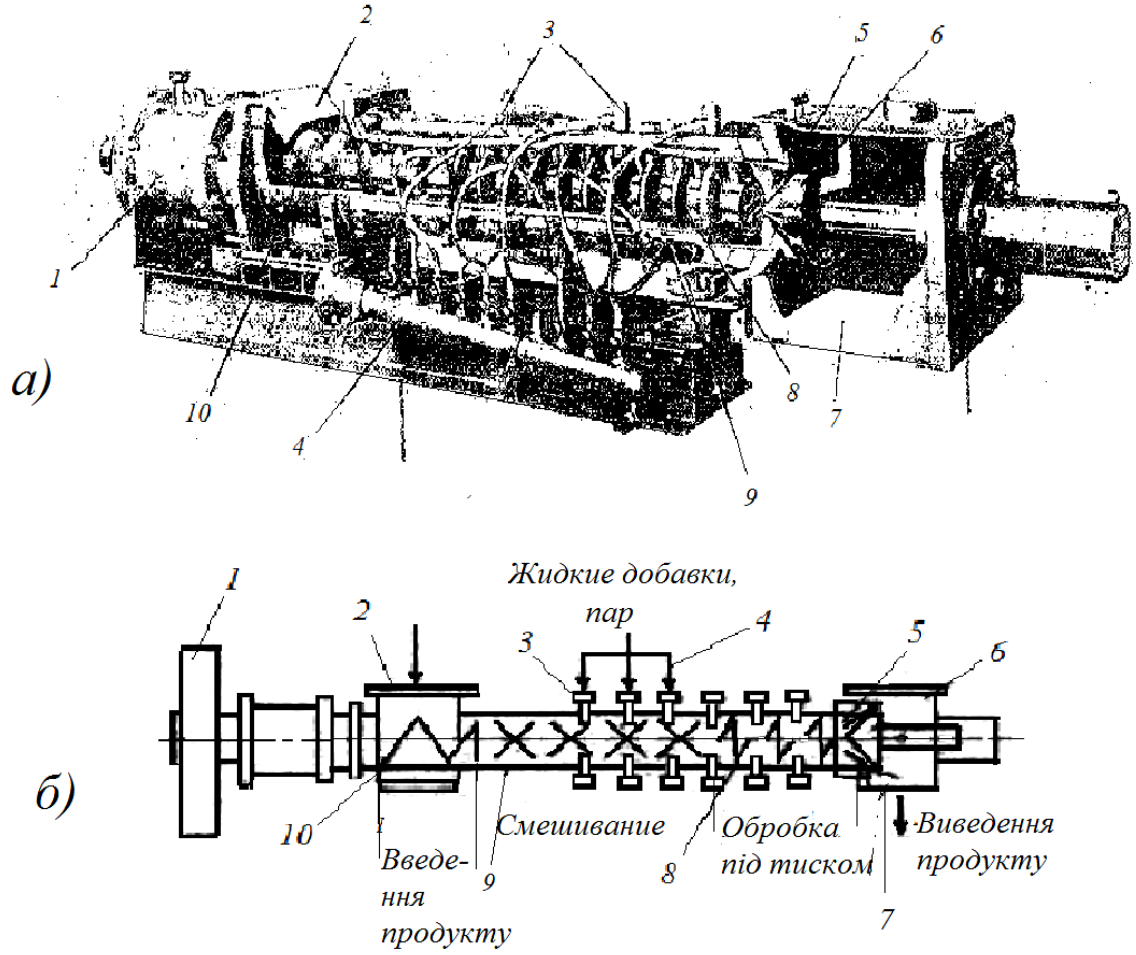


Рис. 8.16. Загальний вигляд (а) та схема (б) експандера «Amandus Kahl»:

1 – привід; *2* – впускний пристрій для сировини; *3* – форсунки; *4* – розподільчий пристрій; *5* – кільцевий зазор; *6* – поршень-клапан; *7* – випускний пристрій; *8* – лопаті (сегменти); *9* – змішувальна частина шнеку

В зоні випуску проходить миттєве випаровування води. Це обумовлено миттєвим наданням тиску при проході крізь кільцевий зазор. Тому висушування експандата в цілому не потрібне. Збоку встановлений пароросподільник так, що ефектом кондиціювання можна керувати безпосередньо додаванням пари.

На випуску із експандера є прилад для подрібнення експандата. Можуть використовуватися різні варіанти в залежності від виду продукції.

Ефект експандування досягається за допомогою тиску і температури всередині машини. Важливою складовою при цьому є температура. Вона встановлюється з урахуванням специфіки тієї чи іншої продукції. Час проходження корму через машину складає від 5 до 6 хвилин, так що пошкоджень за такий порівняно короткий час чутливих до температури та інгредієнтів в значній мірі вдається уникнути.

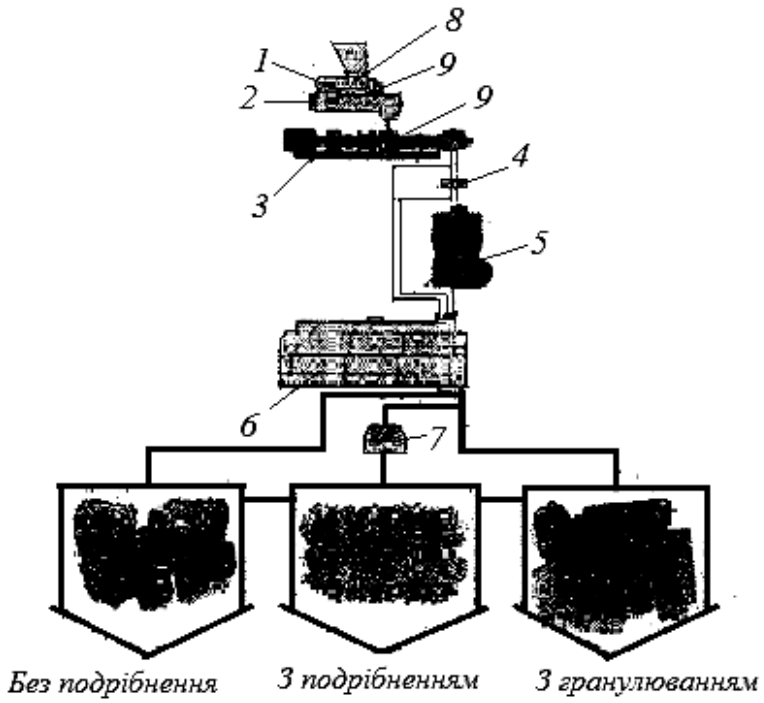


Рис. 8.17. Схема обладнання фірми «Kahl» для експандування кормів

1 – шнековий дозатор; *2* – змішувач безперервної дії; *3* – експандер з кільцевим зазором; *4* – дробарка; *5* – прес-гранулятор; *6* – охолодження; *7* – гранулювання; *8* – добавлення рідини, жирів, меляси, води; *9* – додавання пари

Експериментально була проведена робота по переобладнанню екструдера КМЗ в експандер. Змінена конструкція шнеконапірного механізму, головки та ріжучого пристрою. Введення пари передбачено у шнеконапірний вузол. При температурі обробки 115-135°С забезпечені необхідні якісні зміни, і вологості15-18% живильні витрати електроенергії складають 25-35 кВт год/м, витрати пари 35-45

кг/м. Припустима вологість обробки нижче рекомендованої західними фірмами не являється оптимальною, але це дозволяє уникнути в технологічному процесі самої енергоємної операції – висушування експандата.

Загальні витрати вітамінів при екструдуванні і експандуванні нижче, ніж при гранулюванні, хоча за даними ряду досліджень складають до 20-25%. Але виробники комбікормів на такі витрати згодні, тому, що загальний ефект від використання комбікормів, які піддаються обробці в екструдерах і експандерах, незрівнянно вище цих витрат, особливо збільшується ефект від руйнування антипоживних речовин (інгібіторів). Це безумовно являється стимулом для інтенсивного пошуку технологічних і технічних рішень в цьому напрямку. Враховуючи фізіологію годування і економічність виробництва, негранульований експандований комбікорм можна назвати як одну із самих перспективних форм кормових продуктів для багатьох видів тварин, хоча для подальшого процесу використання йому характерні ті ж недоліки, що і для розсипного корму, починаючи зі зберігання і транспортування.

Таблиця 8.16

Технічна характеристика експандерів

Виробник	Модель	Довжина, мм	Шнек одинич-ний		Циліндр			Вироб-ництво, т/год	Регулю-вання зазору	Потуж-ність, кВт/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			Ш,мм	Частота об хв$^{-1}$	Секцій-ний	Конди-ціонер	Довжи-на, мм			
Almex BV (Голландія)	Contivar AL 150	V	15	300	o	*		0,6	o	75
	AL 200	V	0	300	o	*		10,0	o	132
	AL 300	V	20	300	o	*		25,0	o	250
	AL 400	V	0	200	o	*		40,0	o	500
Amandus Kahl (Германія)	Annular OE 15.1	Car 2435	o			o	725	4,0		75
	OE 23.1	2705					760	13,0		160
	OE 30.1	2755					770	28,0		250
	OE 38.1	3028					785	45,0		315
	OE 15.2	5153	o			o	1450	2,5		75
	OE 23.2	5859					1520	8,0		160
	OE 30.2	6310					1540	18,0		250

	OE 38.2 OE 15.3 OE 23.3 OE 30.3 OE 38.3	5644 5878 6655 7080 7690	o			o	1570 2157 2280 2310 2355	60,0 1,2 5,0 10,0 2,0		315 75 160 250 315
Andritz Sprout-Bauer Inc. (США)	Expand-O-Max 200 280 380 460	2440 3104 3710 4725	200 230 280	230 230 230 230	o o o o	o o o o	750 976 1390 1692	6,4 10,5 32,0 12,6	o o o o	50-200 200 400 400
Buhler Ltd. (Швейцарія)	DFEA220 DFEB	5153 7500	220	360 300	o o	o o		6,0-15,0 12,0-24,0		160 315
Californi Pellet mill Company (США)	Calpex 150 200 300 400	V V V V	150 200	300 300 300 200	o o o o	* * * *	* * * *		6000 10000 25000 40000	o o o o
Jesma-Matador AS(Данія)	Feed Processor PF-25 PF-34 PF-42	3060 3060 3780	250 34	V V	o o o	o o o	1500 1600 1900	2,0-12,0 10-40,0 30,0-80	o o o	690 160 132
La Meccanica SRL (Голландія)	LAMES 305 STHT 305 S 305 Compact	6700 4530 3880	305 30	230 230 230	o o o	o o o	1550 1550 930	8,0-20,0 8,0-20,0 8,0-12,0	o o	160 200 160
Robinson Miling Systems Vlk. (Британія)	Contivar AL 150 AL 200 AL 300 AL 400	3600 3750 4600 6100	150 200	300 300 300 200	o o o o	o o o o	1300 1700 1800 2500	5,5 8,5 20,0 30,0	o o o o	75 110 132 162
Setrem-Lnotec (Франція)	Y200E Z300E	6200 6800	175	550 450	o o	* *	1500 8100	6,0-9,0 10,0-15,0	o o	160 200

Розглянемо на прикладі одного з експериментальних експандерів, які відбуваються процеси і як вони впливають на якісні показники кормів. До експериментального обладнання для експандування концентрованих кормів входять: дослідний пристрій (експандер) і обладнання для уведення рідких компонентів (води, жиру, збагачувальних домішок). Експандер (рис. 8.18) складається з живильника *2* з завантажувальним бункером *1*, змішувача-дозатора *3*, бункера-накопичувача *7*, працюючого органу (шнеку) *5* розташованого в корпусі *4*, формуючого пристрою (матриці) *9*, кільцевих нагріваючих елементів *8*, закріплених на корпусі шнека *4*, зворошувача *6*, приводів: шнека *15*, змішувача-дозатора *14*, привід живильника *12*, зворушувача *13*, клинопасових передач *17*, *18*, *19*, редуктора *16*, на верхній частині якого вмонтовані всі вузли і механізми. Обладнання для введення рідких компонентів включає: витратний бак витратоміром *21*, плунжерного насосу *22* форсунок *10* і *20*.

Привід шнека експандера здійснюється від електродвигуна постійного струму *5*, через клинопасову передачу *19* і редуктор *16*. Змішувач-дозатор приводиться в рух від електродвигуна постійного струму 14 за допомогою клинопасової передачі *18*. Привід живильника здійснюється від електродвигуна постійного струму через клинопасову передачу *17*. Зворушувач приводиться в рух від однофазного двигуна перемінного струму *13*.

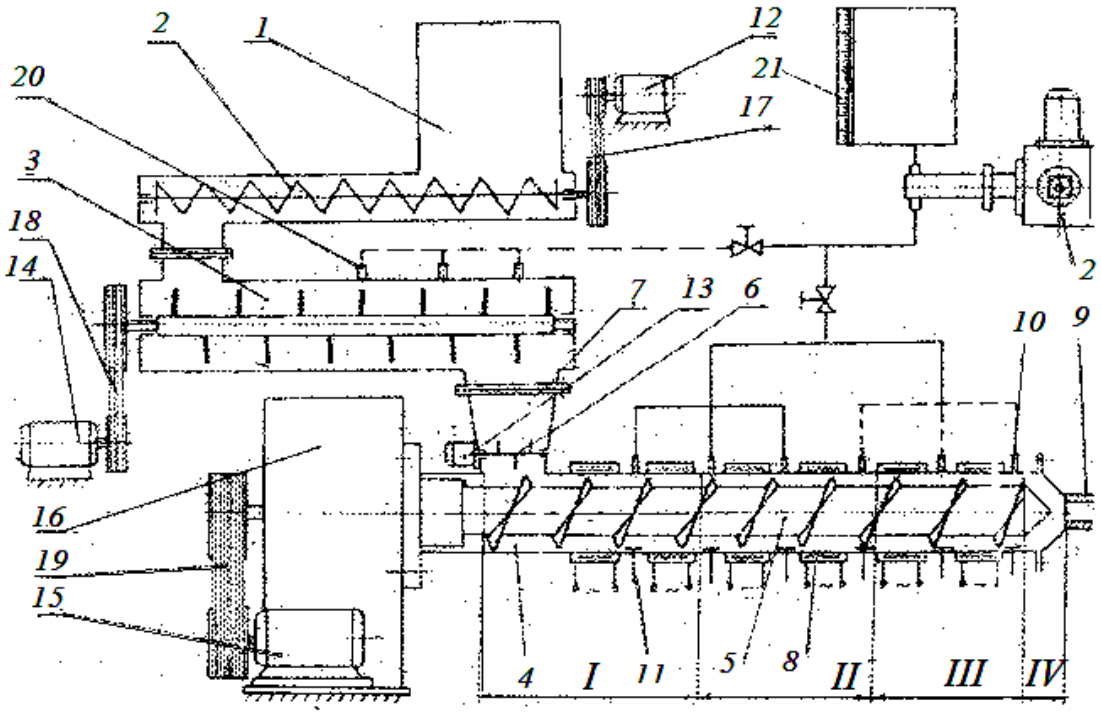


Рис. 8.18. Схема експериментальної установки:

1 – завантажувальний бункер; *2* – живильник шнековий; *3* – змішувач-дозатор; *4* – корпус шнека; *5* – шнек; *6* – ворушилка; *7* – бункер накопичувач; *8* – нагрівальні елементи; *9* – матриця; *10–20* – форсунки; *21* – витратний бак; *22* – плунжерний насос; *11* – датчик температури; *12* – привід живильника; *13* – ворушила; *14* – змішувач-дозатор; *15* – електродвигун шнеку; *16* – редуктор; *17*, *18*, *19* – пасова передача

Регулювання частоти обертання двигунів постійного струму приводиться за допомогою резисторів, які розташовані на панелі шафи керування, контроль здійснюється за допомогою тахометра. Нагрівання корпусу шнеку відбувається кільцевими нагрівачами при включенні тумблерів на панелі шафи керування. На нагрівачі подається напруга, про що сигналізують лампочки, які розташовані поряд з тумблерами. Контроль температури проводиться за показниками вимірювачів температури, які знаходяться на панелі шафи керування, датчики *11*, вмонтовані в корпус шнеку *4*. Для забезпечення пропарювання зерносуміші використовується вода, яка подається через форсунки *10* в розігрітий до заданої температури

корпус шнеку *4*. Контроль подачі води проводиться за допомогою витратоміра *21*.

Процес роботи експандера заключається в наступному: оброблений матеріал завантажують в бункер *1*, який подається живильником *2* в змішувач-дозатор *3*, де через форсунки *20* зволожується до заданої вологості і дозовано подається в накопичувальний бункер *7*. З бункера-накопичувача експандера матеріал у вигляді неоднорідної сипкої маси поступає в першу зону нагнітаючого шнека. Тут матеріал захвачується шнеком і переміщується до наступної зони. В першій зоні матеріал частково заповнює міжвитковий об'єм шнека і, отже, повністю покриває поверхню витків шнека із шнекової камери. Частки матеріалу в першій зоні переміщуються, в основному, поступово, а від обертального руху вони утримуються силою власної маси.

В другій зоні, на відміну від першої, сипка маса ущільнюється і ступінь зв`язування її часток збільшується. Спочатку заповнюється вільний міжвитковий об'єм шнека, а потім ущільнення маси відбувається внаслідок зменшення проміжків між його частками і витісненням з нього значної кількості повітря. В другій зоні маса добре перемішується, підлягає поступовому зміцненню і максимально ущільнюється. В цій же зоні матеріал піддається дії вологої пари, який утворюється в результаті дії температури на воду, яка подається в зону нагріву. Оброблений вологою парою матеріал ущільнюється шнеком і надходить до третьої зони.

В третій зоні, крім основної операції пресування, шнек шляхом інтенсивного перемішування і проминки матеріалу під тиском сприяє переходу його в пружно-пластичний стан. Процес переміщення і пресування характеризується ще тим, що безпосередньо зіткнені шари матеріалу мають різні швидкості, в результаті чого між ними діють напруги зрушення. Тому крім перемішуючого ефекту виникає ще внутрішнє тертя, яке приводить до розтирання частин і одержання однорідної структури матеріалу.

В кінці третьої зони (останній виток шнеку) зпресована маса виходить з полості шнеку і поступає в четверту зону у вигляді закрученого пульсуючого в`язкопластичного потоку. Тут ця

в`язкопластична маса переборює силу тиску четвертої зони, яка обумовлює опір формуючих отворів матриці.

При випресовуванні через них в`язкопластичної маси форма її потоку кінцево змінюється відповідно кількості і форми поперечного перерізу отворів матриці. Об'єм маси одержаного продукту при виході з отворів матриці у зв'язку з різким поданням тиску збільшується за рахунок пружної деформації, яка виникає всередині оброблюваного матеріалу. І в результаті того, що довжина матричного каналу мала, то відновлюючий (релаксаційний) процес відсутній і продукція, яка видавлюється через отвори матриці має здуту, пористу структуру.

Проведені дослідження по оптимізації режимів роботи показали, що при обробці зерносуміші (50% ячменю + 50% жита) найкращі показники якості одержаного продукту були одержані при температурі 200 °С, вологості зерносуміші 20 %; діаметрі формуючого отвору 25 мм і частоті обертання шнеку $25с^{-1}$.

Такі режими роботи дозволили одержати продукт з коефіцієнтом здутості 2,6 при енергоємкості процесу 63,3 кВт год/т.

Контрольні запитання

1. Дати визначення поняттю «екструзія».
2. Назвати види екструзії.
3. Які переваги надає екструзійна обробка харчових продуктів та комбікормів?
4. Назвати асортимент сировини, яка використовується для виробництва екструзійних продуктів.
5. Класифікація екструдерів по типу основного робочого органа.
6. Дати характеристику одношнековим та двошнековим екструдерам.
7. Перелічити переваги одно- та двошнекових екструдерів.
8. Назвати обладнання, яке використовується для виробництва високопоживних легкозасвоюваних кормів із зернових та бобових культур.
9. Як класифікують обладнання для формування харчових продуктів?

10. Дати характеристику прес-екструдерів.
11. Для чого застосовується машина А1-КХП?
12. Для чого призначена машина Б8-КХ-ЗП?
13. Привести характеристику екструдованих кормів.
14. Назвати апарати для поглибленої термічної обробки зернової сировини.
15. Що таке експандування зернової сировини?
16. Назвати переваги використання екструдованих кормів для годування тварин і птиці.
17. Що собою являє технологічний процес виробництва паличок із кукурудзяної крупи і яке обладнання для цього використовують?
18. Обгрунтуйте сучасні екструзійні технології для виробництва комбікормів, знежиреної сої та кормосумішей для тваринництва і птахівництва.
19. З якою метою застосовується «тепловий удар» при обробці зерна?
20. Від яких факторів залежить ефективність обжарювання зерна?
21. Назвати методи термообробки зерна.
22. З якою метою проводять зволоження зернових продуктів водою або паром?
23. Назвати модернізовані екструдери з установкою пропарювача.
24. Назвати переваги експандованого корму для тварин.
25. Яке обладнання використовують для виготовлення експандованих кормів?
26. Привести характеристику експандерів та зазначити їх особливості.

РОЗДІЛ 9
МАШИНИ ДЛЯ СОРТУВАННЯ ПРОДУКТІВ

9.1 Класифікація машин переробки зерна

Процес сортування та збагачення сипких продуктів подрібнення харчових середовищ здійснюється в розсівах, ситовійних та зернопереробних машинах, віброцентрифугалах, деташерах, ентолейторах і дробильно-сортувальних машинах тощо. У розділі подані не тільки конструктивні рішення реалізації цього процесу, але й наведені основні чинники, що впливають на його ефективність.

Сепарування різновидних по розмірах компонентів здійснюється на основних робочих органах розсіву – плоских ситах із різних матеріалів з отворами відповідних розмірів і форм. Кожне сито ділить вихідний продукт на дві фракції: сходову (крупну) і проходову (дрібну).

При круговому поступальному русі розсіву процес ситового сепарування складається із двох одночасних стадій: самосортування (розшарування) і просіювання. При само сортуванні важкі дрібні частини осідають в нижні шари, а крупні і легкі – концентруються у верхніх. Чим швидше мілкі проходові частини спустяться вниз і увійдуть в контакт з ситом, тим ефективнішим здійснюється процес просіювання, тобто проходження через отвори сита.

Порівняльна значимість процесів самосортування і просіювання визначається в основному співвідношенням сходової і проходової фракції. При наявності відносно малої кількості проходової фракції (наприклад, в розсівах перших драних систем) ефективність залежить від її факторів: фізико-механічних властивостей частин суміші, температури і вологості вихідного продукту, співвідношенням компонентів різної крупності, питомого навантаження на сито (товщина шару), матеріалу і якості виготовлення сита, розмірів і форми його отворів, конструкції розсіву, умов транспортування суміші, кінематичних параметрів, способу очищення сит, аспірації і інше.

Технологічну ефективність сортування в розсівах оцінюють слідуючими показниками:

Q_0 – навантаженням (продуктивністю), тобто масою вихідної суміші, яка поступає в машину в одиницю часу;

ξ – коефіцієнт недосіву, тобто відносним вмістом дрібних, проходових фракцій в продуктах, одержаних сходом з сита;

η – коефіцієнт вилучення, тобто відношення кількості вилученого продукту до кількості того же продукту, що міститься в вихідній суміші.

Недосів характеризує неоднорідність фракцій, одержаних після проходження через розсів, а коефіцієнт вилучення показує, яку частину кількості даної фракції вдасться виділити із вихідної суміші.

При розгляді роботи одного сита, тобто при розділенні вихідної суміші на схід і прохід, склад вихідної суміші можна охарактеризувати відносним вмістом проходової фракції δ (%).

$$\delta = (M_0/Q_0) \times 100 \qquad (9.1)$$

де M_0 – маса проходової фракції, кг;

Q_0 – маса вихідної суміші, кг.

Якщо при просіюванні одержано M (кг) проходової фракції і G сходової фракції, то коефіцієнт вилучення (%) можна виразити так:

$$\eta = (M/M_0)*100, \qquad (9.2)$$

а коефіцієнт недосіву:

$$\xi = (M_0 - M)/ G = (M_0 - M) / (Q_0 - M) \qquad (9.3)$$

Взаємозв'язок коефіцієнта вилучення з коефіцієнтом недосіву при даному складі вихідної суміші визначається рівнянням:

$$\xi = (1 - M)/(\delta^{-1} - \eta) \text{ і } \eta = (1 - \xi/\delta)/(1 - \xi) \qquad (9.4)$$

Чіткість сепарування на ситах розсіву в значній мірі залежить від гранулометричного складу вихідної суміші і її фізико-механічних властивостей, питомого навантаження. Розмірів ситового каналу (площі, відношення довжини до ширини, кінематичних параметрів, частоти і радіуса траєкторії кругових коливань), розмірів отворів сит, матеріалу ниток і живого перерізу одиниці площі сита, способу очищення сит і переміщення продукта по ситі.

При великому вмісті проходових фракцій в вихідній суміші (наприклад, при контролі борошна) загальна ефективність сепарування залежить від процесу просіювання. Для його інтенсифікації необхідні певні товщина шара продукта на ситі і кінематичні параметри, при яких досягається оптимальна швидкість нижнього шару по ситу.

При незначному вмісті проходової фракції у вихідній суміші (наприклад, на I драній системі) загальна ефективність сепарування залежить від процесу самосортування, інтенсивність якого збільшується зі зменшенням товщини шару продукту і частоти коливань при відповідному збільшенні радіуса траєкторій кругових коливань.

При середньому вмісті проходової фракції в вихідній суміші загальну ефективність сепарування на початку сита залежить від процесу просіювання (якщо при надходженні вихідної суміші на сито проходова фракція рівномірно розподілена по товщині шару), а в кінець сита – від процесу самосортування.

Інтенсивність просіювання при збільшенні товщини шару на початку збільшується, досягаючи максимального значення при деякій критичній товщині. Подальше збільшення висоти шару веде до зменшення інтенсивності просіювання.

Розміри сит і ситових каналів в значній мірі визначають ефективність роботи розсіву. Для любої заданої площі просіювачої поверхні існує оптимальне відношення довжини сита до його ширини, при якому досягається мінімальна швидкість подачі і максимальна ефективність сортування.

Так, для більшості проміжних продуктів розмелу зерна при площі сит 0,25-0,34 $м^2$ оптимальним є відношення довжини сита до ширини, яке рівне двом. При проектуванні розсівів оптимальну товщину шару на всіх ситах одержують шляхом паралельного послідовного з’єднання сит.

Класифікація обладнання_для сортування і збагачення сипучих продуктів подрібнення харчових середовищ наведена на рис. 9.1.

В результаті поетапного здрібнювання зерна утворюється суміш частинок, які різні по розмірах, формі і щільності. Проміжні продукти розмелу зерна по розмірах сортуються на розсівах. Основна частина

розсіва – ситовий корпус, що складається із вкладених одна на одну дерев'яних рам з натягнутими горизонтальними ситами.

Ситові корпуси здійснюють коловий-поступальний рух в горизонтальній площині. Продукти подрібнення, перемішуючись на ситах розсіву, переходять зверху вниз з рами на раму і поступово просіюються, розділяючись на декілька фракцій, які відрізняються крупністю частинок.

По принципу зрівноважування поступально рухаючої маси і по способу підвіски балансирів розсіви підрозділяють на приводи:

кривошипні, в яких вал балансирів обертається в нерухомих підшипниках станини;

самобалансуючі з жорстким привідним валом – вал балансирів жорстко з'єднаний з веретеном, яке підвішене за допомогою сферичного і стійких підшипників до перекриття;

самобалансуючі з інерційним приводом – вал балансирів обпирається на підшипник в головній рамі.

При русі розсіву сили інерції $P_к$ головної рами і закріплених на ній ситових корпусів врівноважуються відцентровими силами інерції $P_г$ обертаючих вантажів. В нормальних умовах експлуатації горизонтальні реакції підвісок і веретена практично взаємно врівноважуються.

За кількістю ситових корпусів розсіви поділяють на однокорпусні, двокорпусні і багатокорпусні, по виконанню – на пакетні і шафові.

В пакетних розсівах корпусу зібрані із ситових рам, укладених одна на одну і стягнутих у вертикальній площині стягуючими болтами.

В шафових розсівах ситові рами задвигають по направляючим в ситовий корпус, як ящики в шафу.

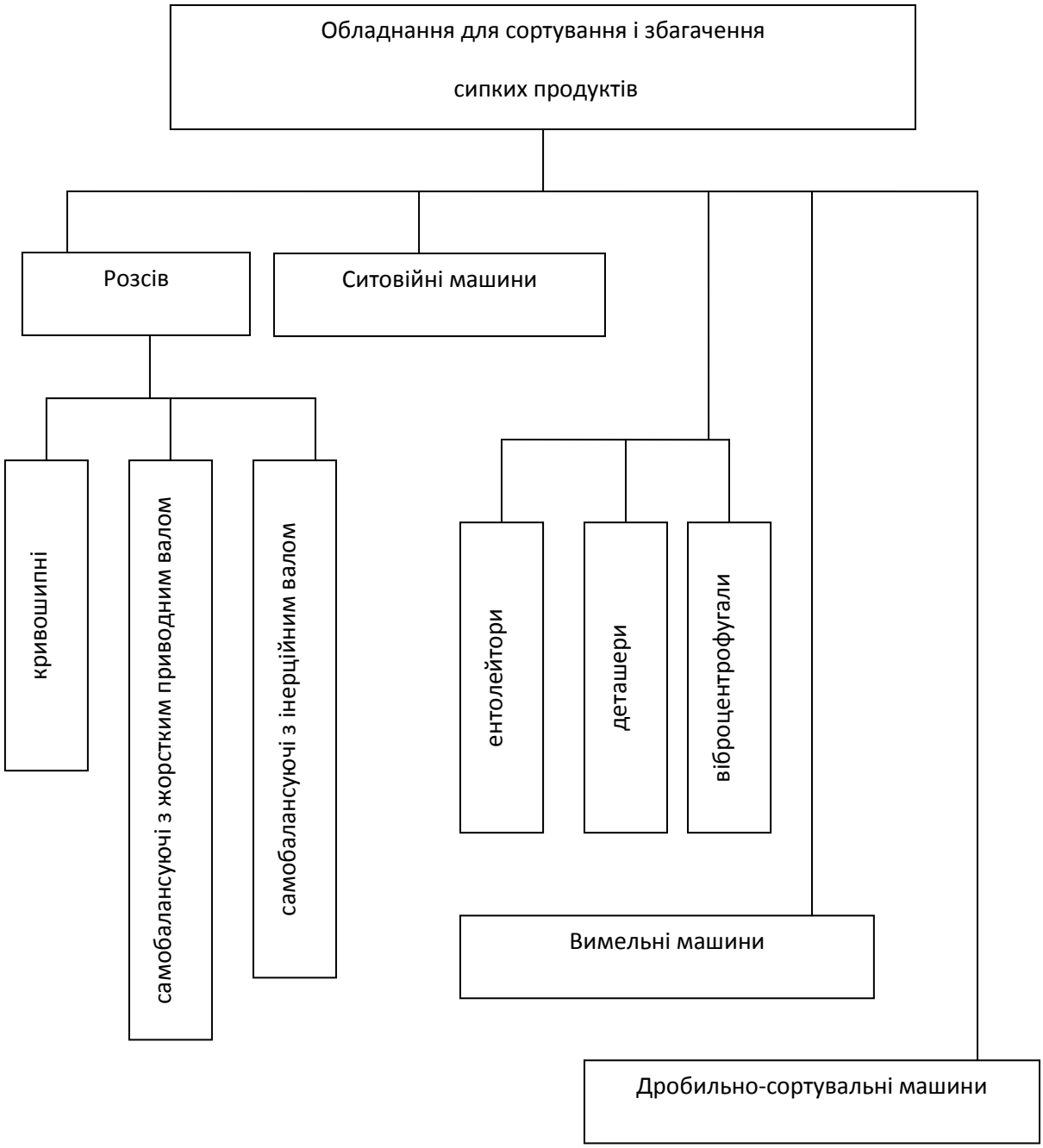


Рис. 9.1. Класифікація обладнання для сортування і збагачення сипких продуктів здрібнення харчових середовищ

9.2. Ситовійні машини

Після сортування в розсівах отримують фракції круподунстових продуктів, однорідні за розмірами, але в кожній з них містяться в різних співвідношеннях частинки ендосперму, оболонок і зростків ендосперму з оболонками, що мають різну об'ємну масу.

Завданням процесу збагачення, здійснюваного у ситовійних машинах, є сортування круподунстових продуктів за якістю для отримання однорідних за вмістом ендосперму фракцій.

У ситовійні машини надходять практично всі круподунстові фракції після розсіву драних систем. Після збагачення фракції найбільш добротних частинок, які практично не містять оболонок, направляють на вальцеві верстати розмельних систем для отримання потоків борошна з найменшою зольністю. Крупки, що представляють собою зростки ендосперму з оболонками, надходять на вальцеві верстати розмельних систем, а фракції, що містять найбільшу кількість оболонок, повертають в вальцьові верстати останніх драних або сходових розмельних систем. Від ефективності процесу збагачення проміжних продуктів розмелу зерна суттєво залежать вихід і якість борошна високих сортів і манної крупи.

Ситовійні машини відносяться до машин вібропневматичного принципу дії. Робочий процес ситовійних машин – просіювання на коливальних плоских ситах в умовах висхідного повітряного потоку. При спільній дії потоку повітря і коливань сит відбувається розшарування (самосортування) різнорідних компонентів суміші. Більш важкі частинки, що складаються в основному з ендосперму, опускаються вниз до сита і просіваються. Більш легкі частинки (зростки ендосперму з оболонками) розташовуються у верхніх шарах і сходять з сита. Найлегші частинки оболонок несуться потоком повітря. Чим вище вміст ендосперма в продуктах розмелювання, тим нижче їх зольність, і навпаки.

Робота ситовійної машини вважається ефективною, якщо зольність верхнього сходу в 2…3 рази вище зольності вихідного продукту, а зольність нижнього сходу в 1,5…2,0 рази нижче зольності верхнього сходу. В результаті збагачення ступінь зниження зольності проходової (збагаченої) фракції становить для великої крупки 40…50%, середньої – 30…40, дрібної – 20…5 і дунстів – 10…5% .

На ефективність процесу збагачення в ситовійній машині впливають наступні фактори: гранулометричний склад вихідного продукта (крупність і однорідність), питоме навантаження, швидкість повітря, рівномірність розподілу продукту по ситу і стабільність шару, кінематичні параметри і нахил сит, правильність підбору нумерації

сит.

Вплив гранулометричного складу вихідного продукту на ефективність збагачення характеризується двома показниками: розміром часток і однорідністю, тобто вирівняністю за розмірами. Чим більше частинки, тим вище ефективність збагачення за рахунок великих відмінностей показників об'ємної маси частинок ендосперму, зростків та оболонок. Чим дрібніше частинки, тим важче їх розділити у віброкип’ячому шарі. Проте видалення навіть невеликої кількості оболонок і високозольних зростків підвищує якість борошна.

Однорідність, вирівняність частинок за розмірами підвищують ефективність збагачення. Якщо в суміші містяться одночасно частки різних розмірів з відповідно різними швидкостями витання, то повітряний потік може разом з великими оболонками забрати дрібні частинки ендосперму. При зниженні швидкості повітря частинки оболонок пройдуть через сито разом з частками ендосперму.

Для кожної збагачуваної фракції з урахуванням крупності і зольності встановлюють відповідний повітряний режим, відхилення від якого призводить до зниження ефективності. Рівномірність розподілу продукту по ситу і стабільність шару забезпечують поряд з іншими факторами оптимальні умови самосортування компонентів суміші. При оголенні окремих ділянок сита повітря безперешкодно йде через них, знижується ефективність самосортування і відповідно збагачення.

На результати сортування у ситовійних машинах суттєво впливають кінематичні параметри ситового корпусу і кут напряму коливань. Частота коливання ситового корпусу машини А1-БСО змінюється в межах 480…525кол/хв, а амплітуда – 4,5…6,5 мм. Оптимальні поєднання кінематичних параметрів неоднакові для різних за якістю і крупності сумішей. Зі зменшенням кута нахилу сит сповільнюється швидкість руху частинок, знижується продуктивність, але зростає кількість просіюваних частинок. Зазвичай кут нахилу сит становить 1…1,5° до горизонталі.

В ситовійних машинах передбачена можливість зміни кута направлення коливань в межах 5…15° до горизонталі. За інших рівних умов збільшення цього кута підвищує швидкість транспортування продукту по ситу.

Ситовійна машина А1-БСО (рис. 9.2) призначена для сортування за якістю двох паралельних потоків крупок і дунстів. Вона має два ситових корпуси *6*, здвоєний кузов-збірник *14*, дві аспіраційні камери *5*, дві приймальні коробки *4*, дві камери сходів *9*, станину *10*, електродвигун *1*, плоскопасову передачу *2* і коливальник *3*. Ситові корпуси з'єднані кронштейнами і підвішені до станини на трьох підвісках *8*: спереду – на двох, ззаду – на одній, розташованої посередині ситового корпусу.

Конструкція підвісок представлена на рис. 9.3. Кут нахилу підвісок до вертикальної площині регулюють ослабленням гайок і переміщенням осей *1* в пазах кронштейнів в межах 5…15°. На задній підвісці встановлена пружина стиснення *2*. Вона налаштована на заводі-виробнику, тому регулювати її в процесі експлуатації не рекомендується.

У корпусі розміщені один над одним три яруси ситових рам, розміщених попарно. Всі три яруси мають різні кути нахилу до горизонтальної площини. Ситові рами зварної конструкції виготовлені з алюмінієвого профілю. Сито до рам прикріплюють зачепами. Вони входять в зачеплення із зубцями профілів рам.

Сита очищають інерційними щітками *7* (див. рис. 9.2). Кожна щітка має два ряди пучків, волосся яких спрямоване в протилежні сторони. У робочому положенні щітка одним рядом пучків упирається в сито і під дією сил інерції при коливаннях ситового корпусу може переміщатися тільки в сторону пучків, які не торкаються сита. Одночасно повзуни щітки ковзають по напрямних, установлених в рамах. При зіткненні з упором щітка перемикається (перекидається) і починає переміщатися в протилежному напрямку.

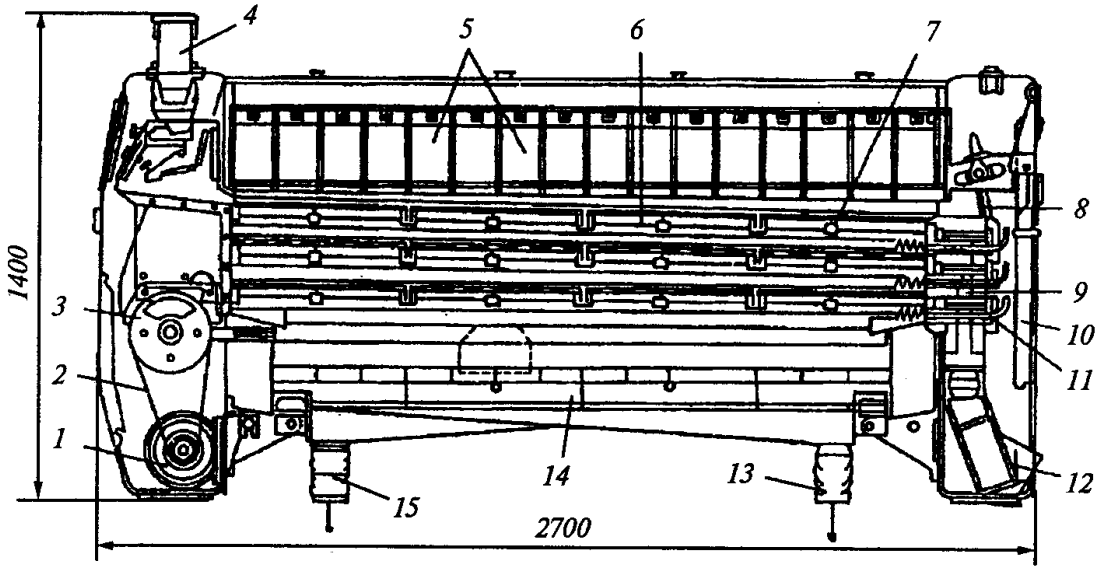


Рис. 9.2. Ситовійна машина А1-БСО

1 – електродвигун; *2* – плоскопасова передача; *3* – коливальник; *4* – приймальні коробки; *5* – аспіраційні камери; *6* – ситові корпуси; *7* – інерційні щітки; *8* – підвіски; *9* – камери сходів; *10* – станина; *11* – фіксуючий зажим; *12* – клапан; *13*, *15* – впускні патрубки; *14* – кузов-збірник

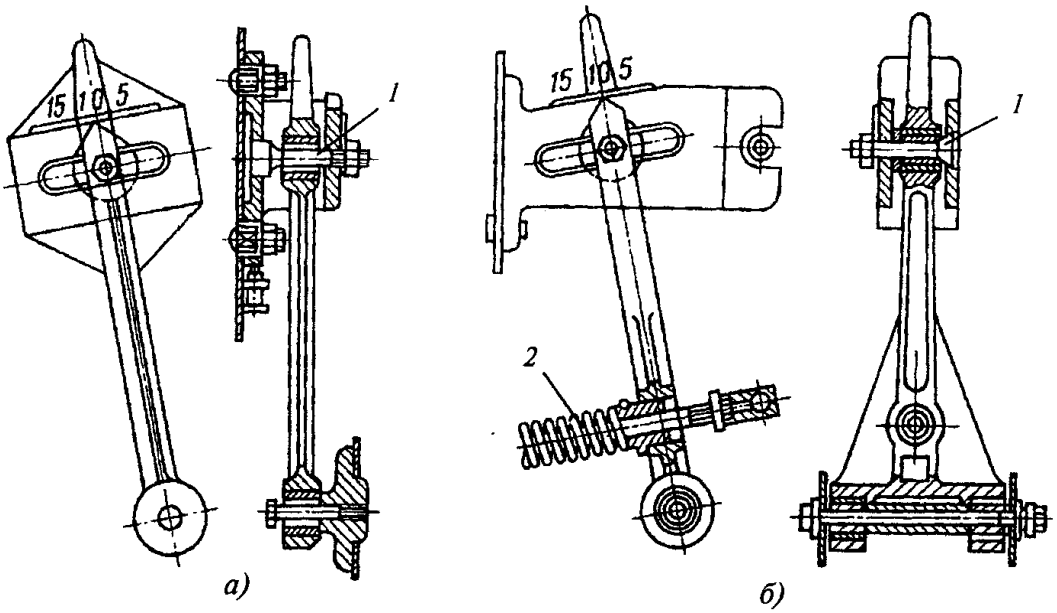


Рис. 9.3. Підвіски *а* – передня; *б* – задня:
1 – гайка; 2 – пружина стиснення

Для кожного ярусу ситових рам в корпусі зроблений фіксуючий затиск *11*. При повороті підпружиненої ручки затиску на 90° в ту або іншу сторону ситові рами звільняються і їх можна вийняти з корпусу. Внизу в кожній половині ситового корпусу закріплена розподільча коробка, забезпечена клапаном *12*. Вона служить для виведення сходових фракцій з усіх ярусів сит.

Збірник призначений для збору та виведення з машини проходових фракцій продукту нижніх ярусів сит. Він встановлений сталевими салазками на опори, прикріплені до станини. Збірник складається з двох жорстко з'єднаних

між собою корпусів, виконаних з листового алюмінію і алюмінієвого профілю. Внизу кожного корпусу розташовано по два лотки з випускними патрубками *13* і *15* для виводу проходових фракцій.

Над лотками по довжині збірника встановлені два ряди клапанів *12*. Повертаючи їх навколо осі в ту або іншу сторону до упору, проходову фракцію продукту з певної ділянки ситової поверхні нижнього ярусу направляють в будь-який з лотків.

Величину щілини в кожній приймальній коробці між клапаном і скатом регулюють гвинтом. Клапан на відгині має планку з пазами, за допомогою яких її встановлюють паралельно днища коробки. З боків клапана прикріплені ще дві планки з пазами, які служать для регулювання зазору між боковими стінками приймальної коробки і клапаном.

Для обслуговування кожної приймальної коробки на станині машини перебувають знімні фортки, виготовлені з органічного скла. На торцевих стінах станини, що примикають до аспіраційних камер, розташовані чотири клапана з гвинтами. Вони призначені для додаткового регулювання аспіраційного режиму машини. Станина суцільнометалевої зварної конструкції виготовлена з гнутого профілю. Це забезпечує її достатню міцність.

У приводі ситового корпусу і збірника зворотно-поступальний рух здійснюється від ексцентрикового коливальника (рис. 9.4). Він складається з двох підшипників *3*, корпуси яких закріплені болтами *6* до переднього кронштейна ситового корпусу. На підшипники спирається вал *8*, на якому за допомогою шпонки закріплений

ексцентрик *7*. Останній поміщений в корпусі *4* з радіальним шарикопідшипником.

До корпусу ексцентрика прикріплюється болтами шатун *9*, який іншим кінцем кріпиться за допомогою сайлент-блоку до кузова-збірника. Обертальний рух вала *8* коливальника походить від електродвигунів через плоскопасову передачу на шків *1* з дебалансними вантажами *2* і *5*. Електродвигун шарнірно закріплений на передньому кронштейні станини. Пас натягують поворотом плити з електродвигуном навколо осі кронштейна. Електропривід закритий огорожею.

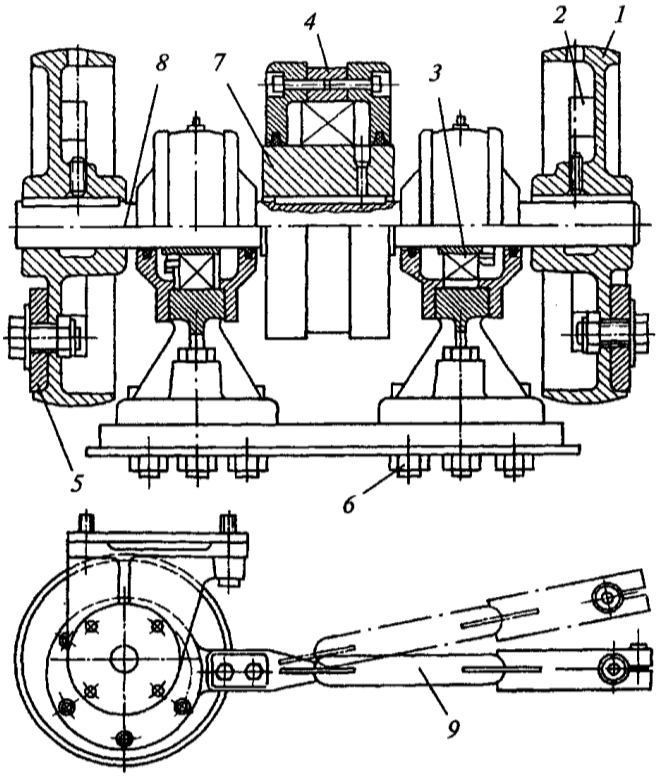


Рис. 9.4. Ексцентриковий коливальник

Технологічний процес (рис. 9.5) сортування і збагачення продукта в машині відбувається в результаті взаємодії руху продукта по ситам при зворотно-поступальному русі ситового корпуса і висхідних потоків повітря. Повітря *II* засмоктується з ситового простору, пронизує всі три яруси сит і надходить в аспіраційну мережу. Продукт *I* (суміш крупок), що підлягає сортуванню і

збагаченню, направляють у кожну половину машини окремими потоками. Потім продукт надходить у приймальні коробки, за допомогою клапанів рівномірно розподіляється по ширині і направляється на сита верхніх ярусів. У міру розпушення шару продукту повітрям частинки з найбільшою щільністю перемішуються в нижній шар (по ситу), а частинки з найменшою щільністю і найбільш шорсткі – у верхній шар. Таким чином відбувається сортування і збагачення продукту.

Аспіраційна камера встановлена над кожною половиною ситового корпусу. Стінки і фортки виконані з органічного скла. Це дозволяє спостерігати за процесом сортування і збагачення продукту на верхньому ярусі сит. У відсіку між аспіраційними камерами встановлений світильник.

Зверху аспіраційні камери і відсік між ними закриті знімними сталевими кришками. Аспіраційні камери читовійної машини під'єднані до аспіраційної мережі підприємства за допомогою колекторів. Кожна аспіраційна камера по довжині розділена перегородками на 16 однакових відсіків (по чотири відсіки над кожною ситовою рамою).

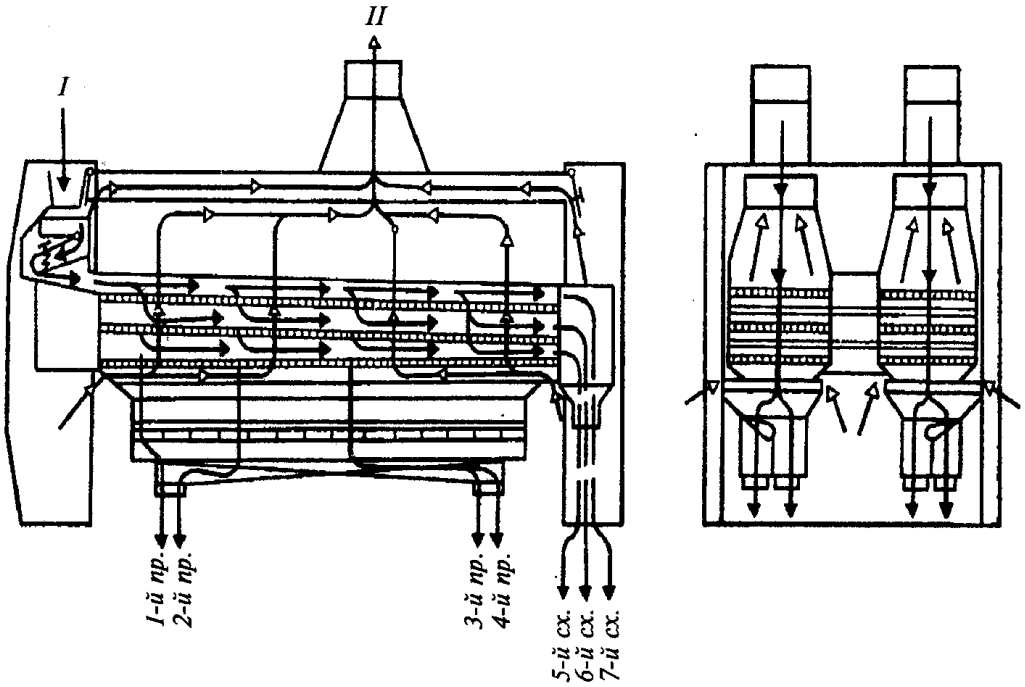


Рис. 9.5. Технологічна схема процесу в ситовійній машині

А1-БСО:

І – продукт; *ІІ* – повітря

Грубе регулювання витрати повітря здійснюють дросельними клапанами, встановленими в повітропроводах аспіраційної мережі. Шибери служать для точного регулювання повітряного режиму. При повороті гвинтів площа отворів між шиберами і решіткою зменшується чи збільшується, відповідно і кількість повітря, засмоктуваного у відсік, буде зменшуватися або збільшуватися. Перші два шибери, віддалених від приймальних патрубків, відкривають більше, в цьому випадку продукт добре розпушується і швидше переміщається по ситам. В інших відсіках повітряний режим регулюють так, щоб легкі частинки неслися через отвори решітки в аспіраційну мережу, а важкі (після їх підйому висхідним потоком) падали на сита і продовжували сортуватися. У зіткненні з ситами частинки з найбільшою щільністю і багаті ендоспермом (з малою зольністю) просіваються швидше висівкових частинок, що мають меншу щільність і більшу зольність.

Сита верхніх ярусів перших ситових рам служать для завантаження двох нижчележачих ярусів сит. Крупки послідовно просіваються через сита верхнього, середнього і нижнього ярусів, а потім надходять до збірника. Сходом повинен іти продукт, що складається в основному з оболонок (висівок). Сходові фракції крупок з усіх трьох ярусів сит надходять з ситового корпусу через розподільну коробку у камеру сходів і виводяться з машини. У результаті сортування та збагачення продукту в ситовійній машині можна отримати шість сходових і кілька проходових фракцій (в залежності від технологічної схеми машини).

Щоб досягти оптимальної продуктивності і високої технологічної ефективності, продукт в машину подають рівномірно, номери сит підбирають відповідно до якості вступника продукту і з урахуванням рівномірного завантаження всіх ярусів сит, стежачи за натягом сит та їх очищенням, регулюють повітряний режим відповідно до якості перероблюваного продукту, дотримуються безперебійної роботи транспортних механізмів та іншого обладнання, перевіряють стан і роботу інерційних щіток. Крім того, машину необхідно тримати у

чистоті, періодично очищаючи її від борошняного пилу.

Бажаний кут спрямованості коливань ситового корпусу в поздовжньому напрямку машини встановлюють за допомогою підвісок. При цьому обидві передні підвіски повинні бути розташовані під одним і тим же кутом, наприклад 10°. При зміні кута спрямованості коливань ситового корпусу змінюються швидкість потоку, кількість продукту, що йде сходом, і відповідно ефективність сортування та збагачення. При високому навантаженні і великому куті отримують кращий розподіл продукту по верхньому ярусу сит, ніж при малому куті. Повітряний режим в аспіраційних каналах регулюють так, щоб продукт рухався по ситу злегка «віруючим» потоком і рівномірно покривав всю ситову поверхню.

Якщо у сході іде багато високоякісного продукта, причини можуть бути наступні: неправильний підбір сит; великий кут нахилу підвісок до вертикалі; несправність у роботі щіток. Попадання нерозсортувальної суміші в прохід може бути при пориві сит або при наявності зазору між ситовим рамками або між рамками і напрямними. В цьому випадку необхідно замінити сита або усунути виявлені зазори. Якщо прохід і сход містять багато борошнистих часток, необхідно відрегулювати повітряний режим. При нерівномірній товщині шару продукта на ситі необхідно перевірити: правильність установки клапанів живильника; наявність перекосу підвісок ситового корпуса; натяг сит або тонке регулювання повітряного режиму відповідних секцій.

Відмінною особливістю ситовійної машини є одноступінчата послідовна триярусна схема збагачення круподунстових продуктів, яка забезпечує високу ефективність процесу при великих питомих навантаженнях. В результаті ефективного збагачення жодна фракція не повертається після ситовійної машини на повторне збагачення. Це скорочує протяжність ситовійного процесу, значно знижує оборот продукту і підсушування його. Можливість регулювання напрямку коливань ситового корпусу поряд з кінематичними параметрами є дієвим фактором підвищення ефективності та продуктивності машини. Конструкція інерційних очищувачів сприяє відновленню живого перерізу сит, вони надійні в роботі.

Технічна характеристика ситовійної машини А1-БСО наведена в

таблиці 9.1

Таблиця 9.1

Технічна характеристика ситовійної машини А1-БСО

Продуктивність, т/год	1…2,2
Число ситових рамок	24
Розміри ситової рамки, мм	502×432
Число ярусів ситових рам	3
Частота коливань ситового корпусу, кол/хв.	480…525
Амплітуда коливань ситового корпусу, мм	4,5…6,5
Витрата повітря, $м^3$/хв	70
Потужність, кВт:	
електродвигуна	1,1
світильника	0,08
Габаритні розміри, мм	2700×1270×1400
Маса, кг	1020

Двоступінчата ситовійна машина ЗМС-2-2 (рис. 9.6) здвоєна, з двома ярусами сит, складається з приймальної камери *1* з поплавковим живильником, ситового корпусу *2*, корпуса-збірника *6*, надситової камери *20* і камери сходів *11*, змонтованих на загальній станині *8*. Поплавковий живильник виконаний у вигляді П-подібної пластинчастої скоби з прямокутною основою, у якої торцева пластина має нахил 40…45° всередину живильника і не доходить до підстави на 2…3 мм. На бічних стінках живильника закріплено два сталевих пальця, якими він вільно підвішується до двох консольних кронштейнів. Під тиском продукта живильник автоматично спливає і забезпечує рівномірний розподіл продукту по ширині сит.

Ситовий корпус підвішений до станини на чотирьох підвісках *3*, що дозволяють регулювати нахил корпусу по довжині в межах від *1* до 3%. Нахил підвісок до вертикалі можна регулювати в межах 3…100. Кожна половина ситового корпусу включає верхній *13* і нижній *12* яруси сит та збірники продукту *14*, що проходять через сита останніх чотирьох рам верхнього ярусу. Сита очищаються інерційними щітками, які переміщуються між піддоном і ситом.

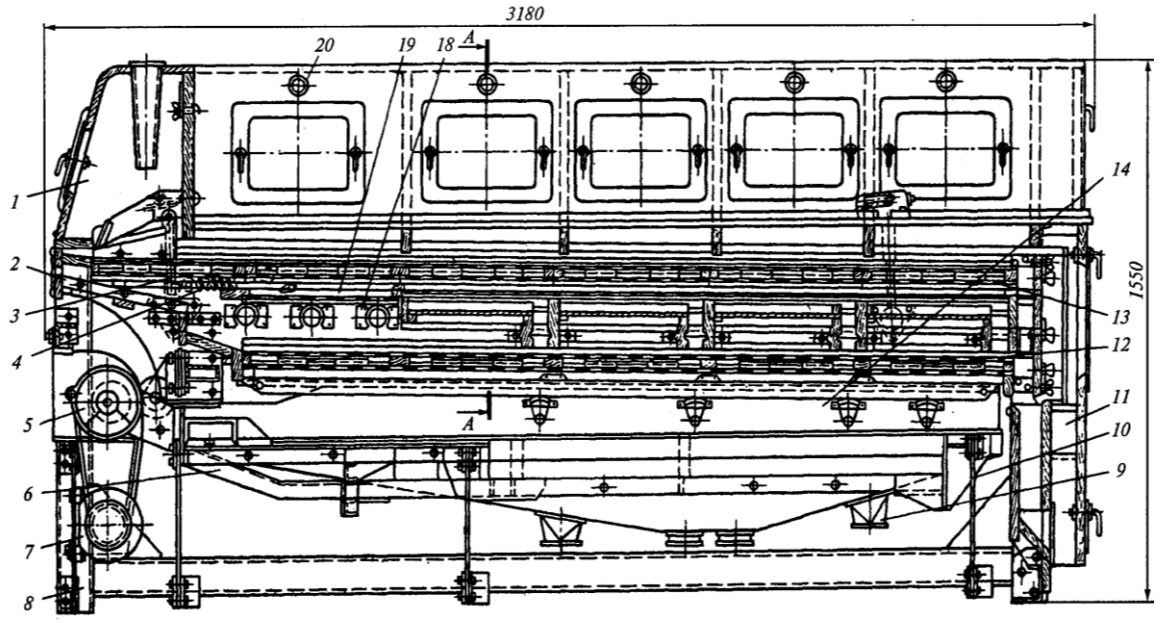
Під першими двома рамами верхнього ярусу сит встановлені

поперечні повітророзподільчі труби *18* для додаткового підведення і розподілу повітря між половинами машини і окрема рама *19* зі штампованим ситом, призначена для вирівнювання потоку повітря по площі сит. Надходження повітря регулюють заслінками, розташованими з бокової сторони ситового корпуса.

Секційні збірники продуктів, що проходять через сита чотирьох останніх рам верхнього ярусу, є касети із жолобків, розташованих уздовж сит.

Зібраний в них продукт виводиться з касет за межі корпусу поперечними лотками і через патрубки *15* на зовнішній стороні бічних стінок корпусу.

Надситова аспіраційна камера розділена по довжині на п’ять відсіків. У кожному відсіку встановлено механізм (клапан) *17*, що дозволяє регулювати кількість повітря, що проходить через відсік і ділянка сита. Для виведення сходу з верхнього і нижнього ярусів сит в кінці машини встановлена камера сходів, в каналах якої є пелюсткові клапани для зменшення підсосу повітря в камеру. Надситову камеру підключають розтрубом до аспіраційної мережі.



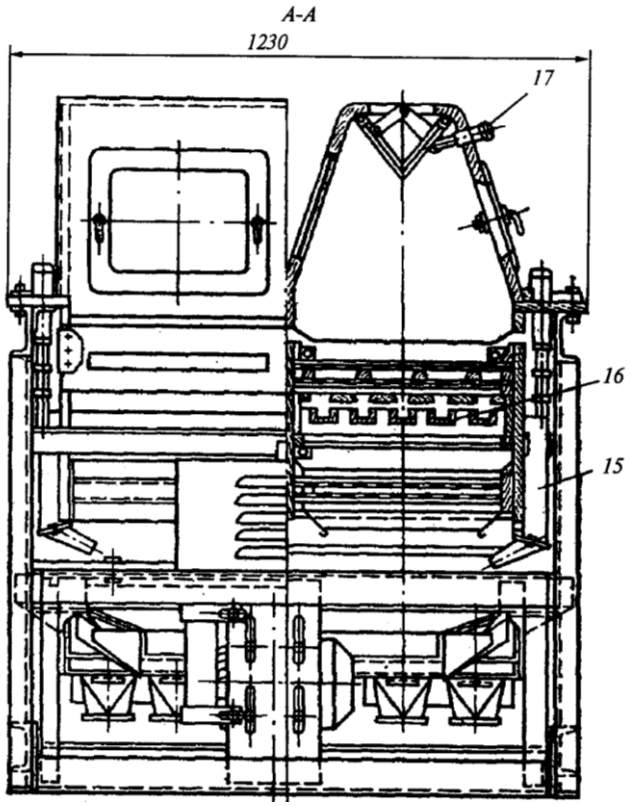


Рис. 9.6. Ситовійна машина ЗМС-2-2

У кожному корпусі-збірнику є патрубки *9* для виведення продукта. Корпус-збірник спирається на вертикальні пружини *10*, прикріплені до станини. Для забезпечення похилого положення підвісок до передніх підвісок ситового корпуса прикріплені відтяжні пружини *4*.

Ситовий корпус і корпус-збірник приводяться у зворотно-поступальний рух від ексцентрикового коливальника *5*. У привід входять електродвигун *7* і клинопасова передача.

На рис. 9.7 зображена технологічна схема двоступеневої ситовійної машини, де стрілками вказано шлях руху збагаченої суміші крупок, повітря, сходів, фракцій, виділених з вихідної суміші.

Суміш крупок, що підлягає сортуванню, надходить по самопливній трубі на схил приймання. З нього через утворений зазор між основою і передньою похилою сіткою живильника продукт рівномірним шаром по всій ширині схилу подається на перше сито верхнього ярусу. Далі прохід сита перших двох рам надходить на перше сито нижнього ярусу. Фракції, просівні через отвори сит рам 1В, 2В, 3В, 4В верхнього ярусу, виводяться з машини окремо, не

потрапляючи на сита нижнього ярусу. По поздовжніх жолобках прохід через сита верхнього ярусу потрапляє на поперечні скати і по патрубкам на бічних стінках корпусу направляється у бокові кишені корпусу-збірника, а звідти за межі машини.

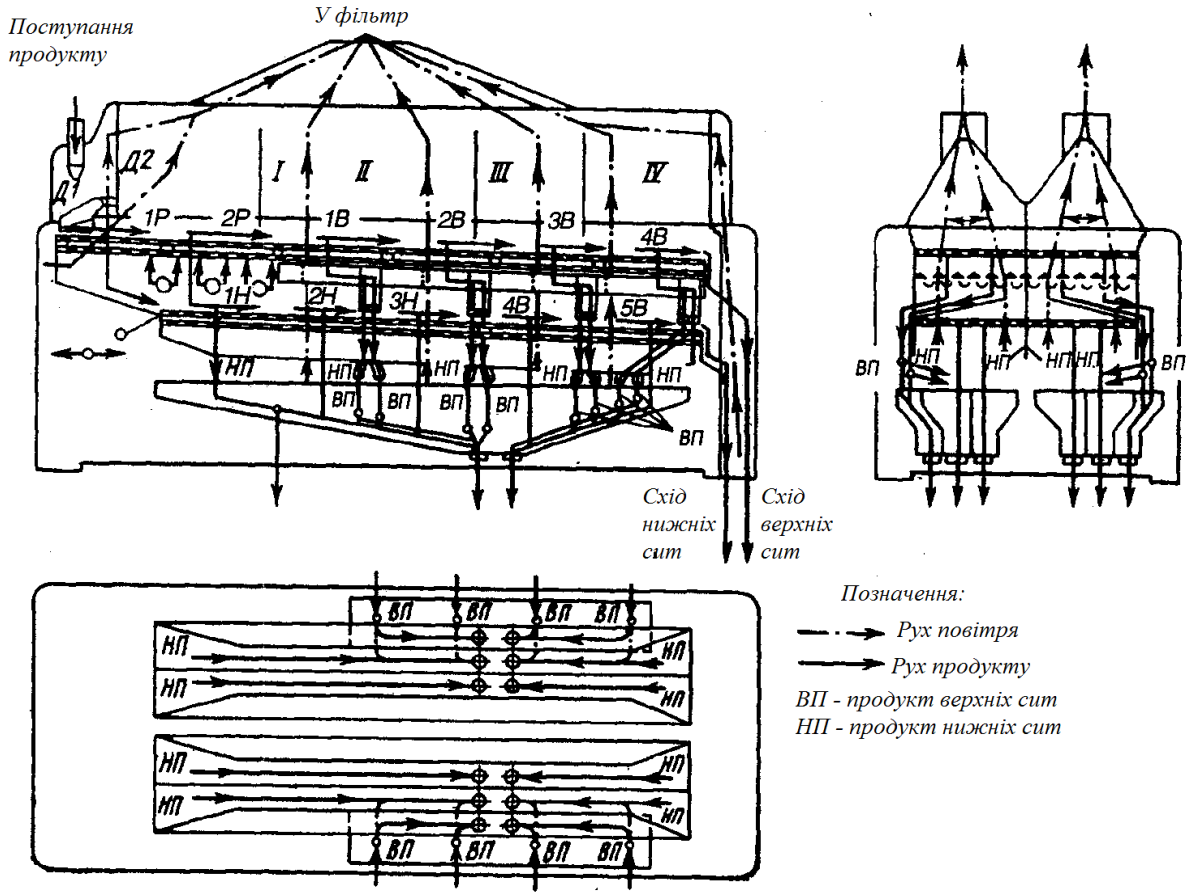


Рис. 9.7. Технологічна схема процесу у ситовійній машині ЗМС-2-2

Проходи через сита нижнього ярусу надходять в інші кишені корпуса-збірника і окремо виводяться з машини. Збагачення крупок досягається шляхом об’ємних комплексного використання дії сил тяжкості і відмінності об’ємних мас частинок різної якості при коливальному русі сита і наявності висхідних потоків повітря через сита. Збагачення відбувається у два ступеня.

Перший ступінь – на ситах рам 1Р і 2Р верхнього ярусу. Тут від усього завантаженого в машину продукту проходом через два сита у кожній половині корпусу повинно виділятися 45...60% попередньо збагаченої суміші.

Збагачення на другому ступені відбувається паралельно на двох ярусах сит:

на ситах всіх п’яти рам нижнього ярусу збагачується продукт, отриманий після проходу сит перших двох рам верхнього ярусу;

на ситах інших чотирьох рам (з шести) верхнього ярусу збагачується продукт, що сходить з сит перших двох рам цього ж ярусу.

Зазначений розподіл продукту між ярусами здійснюється шляхом підбору сит на рамах 1Р і 2Р.

Остаточне уточнення розподілу збагачування суміші між верхніми і нижніми ярусами проводять відбором і зважуванням надходить на одну половину машини проходів сит рам 1В, 2В, ЗВ, 4В і сходу з сита 2Р за одиницю часу. Повітря проходить послідовно через сита і крупки нижнього ярусу, отвори верхніх касет жолобкових збірників, через сита та крупки верхнього ярусу і надходить до відповідних секції аспіраційної камери та відсмоктуючу вентиляційну мережу.

Сталеві штамповані днища рам служать опорою щіток для очищення сит і одночасно допомагають вирівняти повітряний потік по ширині сита. Для вирівнювання потоку повітря під ситами рам 1Р і 2Р додатково встановлена решітка. Рівномірність повітряного потоку по ширині сита регулюється також рівномірністю товщини шару крупок на ситі, що досягається хорошим натягом сита і усуненням перекосів ситового корпусу.

Повітряний режим по довжині сит налаштовують регулювальними клапанами, розташованими над ситами в кожному відсіку аспіраційної камери, шиберними заслінками на боковинах корпусу (для рам 1Р, 2Р) і загальним шибером в повітропровідної мережі кожної половини машини.

На рис. 9.8 показана конструкція самохідної щітки, яка рухається по замкнутій криволінійній траєкторії. Вона переміщується плоскою частиною колодки по піддону з штампованого сита.

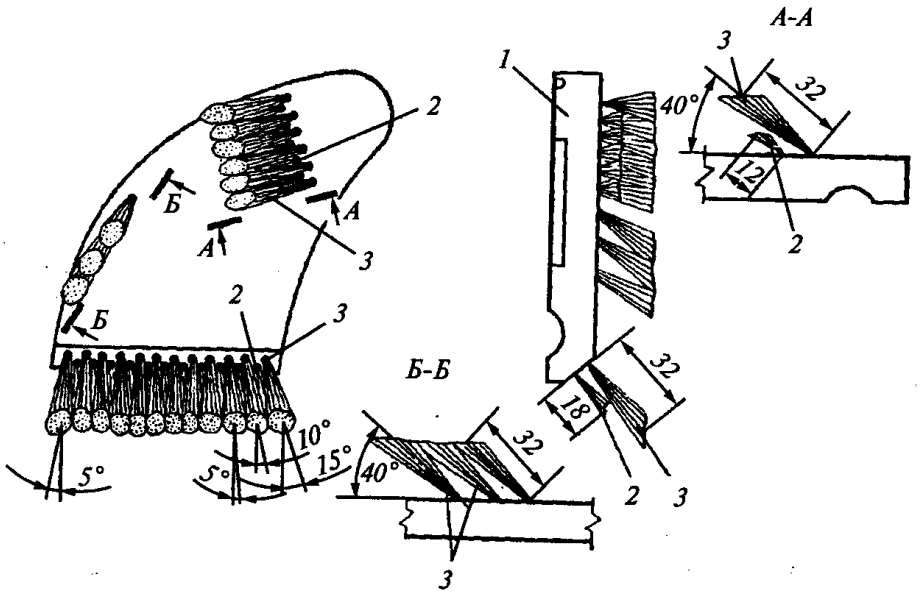


Рис. 9.8. Загальний вид самохідної щітки ситовійної машини ЗМС-2-2

Таблия 9.2

Технічна характеристика ситовійної машини ЗМС-2-2

Продуктивність, кг/с	0,60…0,64
Число ярусів ситових рамок	2
Частота коливань ситового корпусу, кол/хв	500…550
Амплітуда коливань ситового корпусу, мм	5
Витрата повітря, $м^3/с$	0,018
Потужність електродвигуна, кВт	1,0
Габаритні розміри, мм	3180×1230×1550
Маса, кг	800

Інженерні розрахунки. Роботу ситовійних машини оцінюють продуктивністю та ефективністю збагачення.

Технологічну ефективність роботи ситовійної машини оцінюють виходом збагачених продуктів і перерозподілом зольності сходової і проходової (збагаченої) фракції порівняно з зольністю вихідного продукту. Ступінь зниження зольності (%) збагаченого продукту можна визначити за формулою:

$$\Delta Z = [(Z_1 - Z_2)/Z_1] \times 100 \,, \qquad (9.5)$$

де Z_1 , Z_2 – зольність відповідно вихідного і збагаченого продуктів, %

Вихід збагаченого продукту визначають за балансом і розраховують за формулою:

$$\mathrm{G}_{об} = \sum_l^n g_i \ / G_{вих} \,, \qquad (9.6)$$

де g_i – маса кожної фракції проходових частинок, відібраних за одиницю часу, кг;

$G_{вх}$ – маса вихідного продукту, що надійшов в машину за той же час, кг;

n – число фракцій

Продуктивність П (т / год) ситовійних машини визначають за формулою:

$$\Pi = \ 10^{-3} \, gB \,, \qquad (9.7)$$

де B – ширина сита, см; q - питоме навантаження, кг / (см год).

Технологічну ефективність роботи ситовійної машини оцінюють виходом збагачених продуктів і перерозподілом зольності сходових і проходових (збагачених) фракцій порівняно із зольністю вихідного продукту.

Важливим фактором процесу сортування у ситовійній машині є швидкість $v_в$ (м/с) висхідного потоку повітря:

$$v_в = Q_в/S \,, \qquad (9.8)$$

де $Q_в$ – витрата повітря, що проходить через сита, м^3/с;

S – площа сита, м^2

9.3. Розсіви

Для сортування проміжних продуктів розмелювання зерна за

крупністю застосовують розсіви.

В самобалансуючому розсіві ЗРШ4-4М (рис. 9.9) корпус розсіву чотирьохприймальний. Виконаний у вигляді шафи і підвішений за допомогою кронштейнів *2* на чотирьох підвісках *9* із сталевого тросу до спеціальної рами потолочного перекриття. Кінці підвісок за допомогою клинів скріпляють в замках *11*, які встановлюють на несучих балках *10* корпусу розсіву.

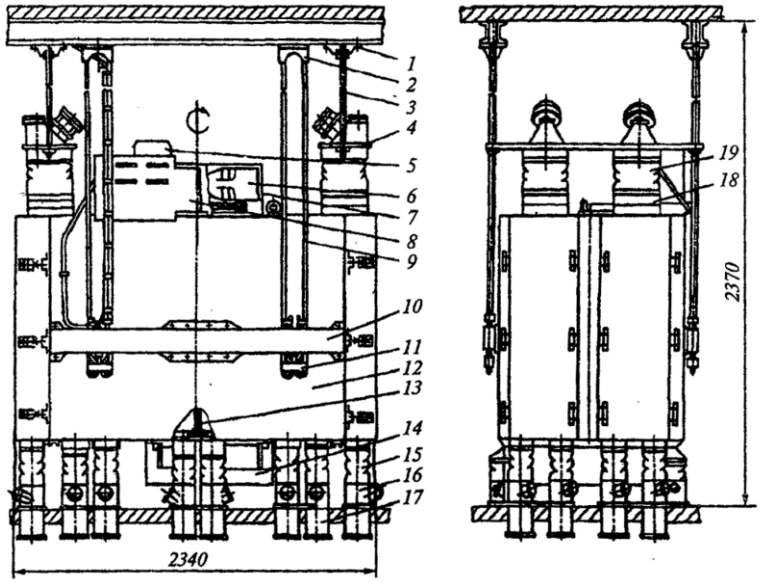


Рис. 9.9. Розсів ЗРШ4-4М

Над корпусом розсіву встановлені на штангах *3* приймальні пристрої *4*. Штанги кріплять до потолочної рами за допомогою тримачів *1*.

Під корпусом по полу встановлений блок патрубків *16* і *17*. Патрубки *18* приймального пристрою і підлогові патрубки з'єднуються з патрубками корпусу матерчатими рукавами *19* і *15*, які кріпляться на патрубках гумовими кільцями.

Ситовий корпус приводиться у зворотно-поступальний рух від електродвигуна *5*, закріпленого на кронштейні *8*, і дебалансного коливальника *7* з балансирами *6*. Вони закриті огородженням *14*. Корпус має несущу раму *13*.

Шафа розсіву ЗРШ4-4М (рис. 9.10) складається із несущої рами *12*, до якої кріплять чотири секції *7*, днище *14*, кришку *2*, обшивку.

Рама, днище, кришка, каркаси секції розсіву зовні закриті дверцятами *8*, а позаду – перепускними коробками *6*, *11*, *13* і стінками *10*. На направляючих в секціях встановлені по *18* ситових рам *5* з піддонами *4*. В чарунках рам розміщені очисники *3*.

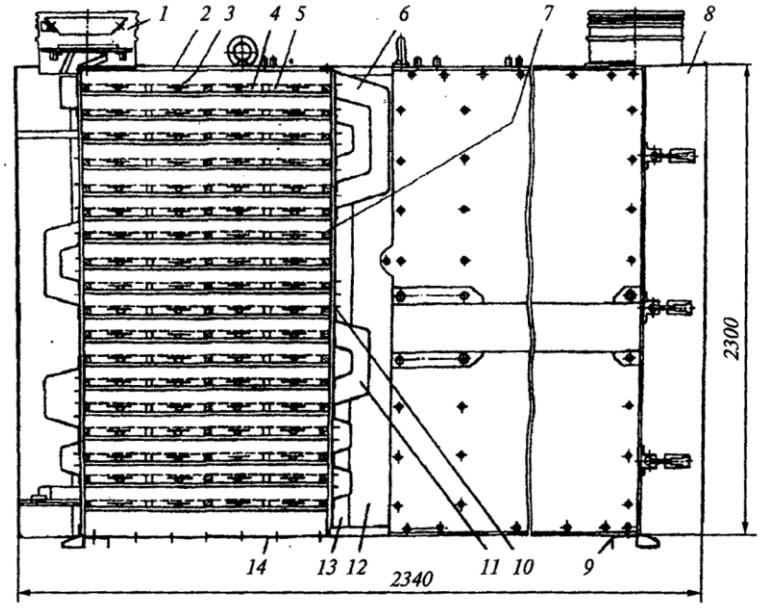


Рис. 9.10. Шафа розсіву ЗРШ4-4М

Над кожною секцією на даху шафи розташовані живильники *1*. На боковинах шафи закріплені балки. Внизу зі сторони дверей також є балки *9*, які збільшують міцність шафи і одночасно слугують опорами для дверей. На дні корпусу встановлені транспортуючі коробки і випускні патрубки. Рама шафи зварна, складається із сталевої труби з фланцями під корпуса підшипників, балансуючого механізму і чотирьох перегородок, до яких кріплять кришку, днище, каркаси секцій, обшивку.

Каркас секції представляє собою дві панелі, які з’єднані між собою. Кожна панель складається із двох стінок, до яких прикручені направляючі для рам. До стійок приклепані сталеві кутники і лапки для забезпечення міцного кріплення секції в шафі.

У стійках встановлені також по дві дерев’яні заглушки, які сумісно з перекриттям, розташовані між двома стійками, що дозволяють перекривати боковий канал секції. В залежності від виконання панелі число перекриттів панелі може бути одна, дві, або

їх може і не бути.

Ситові рами виготовляють із дерев'яних брусків. Рама брусками розділена на чотири чарунки. В них встановлюють вкладиші, які представляють собою коробку з перфорованим дном. Боковини коробки не мають отворів і слугують для захисту дерев'яних частин рами від зносу їх очисниками. Вкладиші лапками вставляються в отвори поперечних брусків рами. Очисники сит встановлюють у вкладиші перед набивкою сит на борошномельному підприємстві.

Піддони ситових рам виготовлені у двох виконаннях - односкатні і двоскатні. Односкатні піддони мають бокові вікна з однієї сторони, двоскатні – з обох. На нижчій площині піддона закріплені кутники, які служать для фіксації піддону в секції шафи, для витягування піддону з рамою із секції, а також для придання йому необхідної жорсткості.

Двері розсіву складаються із корпусу, каркасу, перепускних коробок, стінок, перегородок, двох випускних патрубків, які ущільнюють стики елементів двері, між дверима і секцією шафи. Корпус дверей коробчастої форми виконаний із листового алюмінієвого сплаву. На боковинах каркасу встановлені кронштейни для навішування дверей і здійснювання піджиму їх до секції шафи.

На верхній стінці зроблено напівколовий отвір, який окантований кутником і прокладкою, які призначені для забезпечення щільного прилягання дверей до живильника , який розташований на даху шафи. Знизу є два випускні отвори.

Каркас слугує для придання дверцятам великої жорсткості і кріплення на ній знімних елементів дверцят. Каркас представляє собою раму, яка виконана із кутника і трьох поясів із швелерів.

Набір перепускних коробок і стінок, які встановлюються в дверцятах, відповідають відповідним функціональним схемам. Вони служать для формування потоків різних фракцій продукту, які одержують в результаті просіювання на ситах у розсіві. Коробки і стінки кожної дверці взаємозамінні і можуть бути встановлені в якості перепускних коробок і стінок в середині акції. Для зменшення акції розсіву більшість деталей дверей, каркасів, обшивки шафи виконані із алюмінієвих сплавів.

Привід корпусу розсіву здійснюється від електродвигуна через

клинопасову передачу, зміну частоти коливань ситового корпусу - встановленням змінного шківа відповідного діаметру. В комплекті розсіву є два привідних шківа: з розрахунковими діаметрами 145-160 мм. Шків діаметром 145 мм встановлений на розсіві, а шків діаметром 160 мм знаходиться в ящику із запасними частинами. Натяг пасів здійснюється переміщенням електродвигуна по пазам кронштейна за допомогою натяжних болтів. Будова дебалансного коливача показана на рис. 9.11.

Живильники, що встановлені на даху шафи, слугують для рівномірного розподілу вихідного продукту на три ситові рами і складаються із штуцера, які закріплені на ньому конуса і диска з тарілкою. На диску зроблено 12 отворів для проходу продукту.

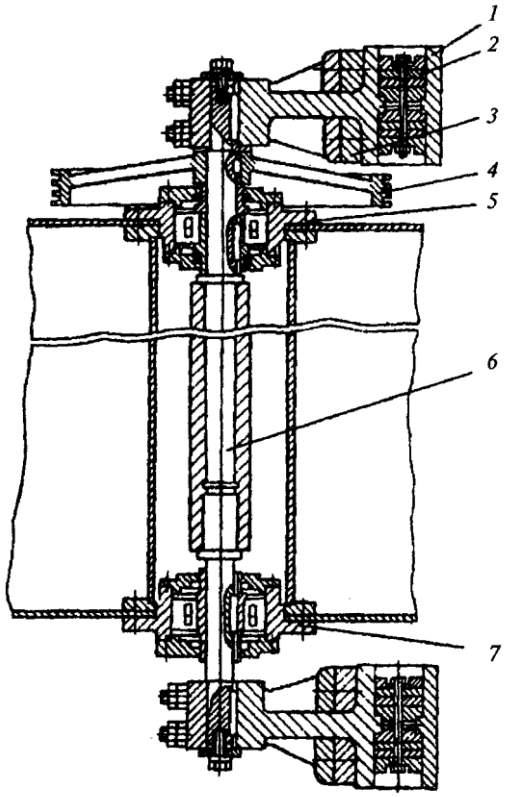


Рис. 9.11. Дебалансний коливач

1 – балансир; *2*, *3* – вантажі; *4* – шків; *5* – верхній підшипник; *6* – вал; *7* – нижній підшипник

Приймальний пристрій призначений для подачі в корпус розсіву продуктів розмелу зерна та аспірації. Воно складається з рами, двох приймальних коробок і патрубків.

Вихідний продукт з приймальних коробок потрапляє в живильники, які розподіляють його на три потоки, кожен з яких надходить на ситову раму. При пересуванні продукту по ситам, які здійснюють коловий поступальний рух у горизонтальній площині, відбувається сортування продукту за розмірами частинок. Рух продуктів, одержаних у результаті сортування, обумовлено технологічною схемою. Фракції продукту виводяться з корпусу через випускні патрубки.

Секція розсіву може бути виготовлена за однією з чотирьох технологічних схем (рис. 9.12), що забезпечують сортування всіх проміжних продуктів при сортовому і обійному помелах:

схема № 1 для I...IV драних великих, 1-й і 2-й шліфувальних систем передбачає дві проходові та три сходові фракції;

схема № 2 для IV драної дрібної, VI драній, сортувальній, 4...10-й розмелювальних, вимелювальній, сходовій, 3-й, 4-й шліфувальних систем передбачає дві проходові і дві сходові фракції;

схема № 3 для 1...3-й розмельних систем і контролю борошна передбачає дві проходові і одну сходові фракції;

схема № 4 для обійного помелу передбачає дві проходові і одну сходову фракції.

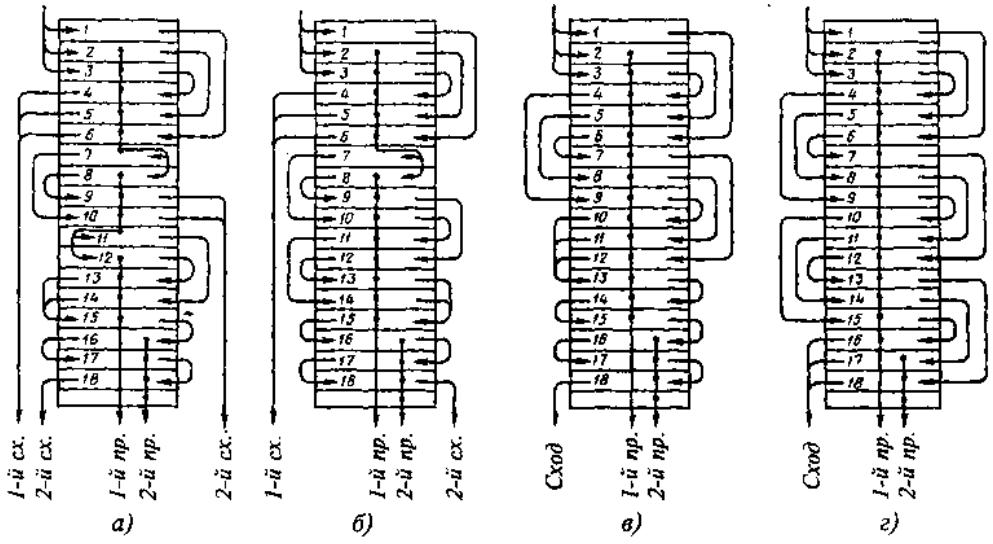


Рис. 9.12. Технологічні схеми процесів розсійника

В залежності від порядку розташування секцій певних технологічних схем розсіви виготовляють в семи основних

виконаннях. Крім того, на замовлення споживачів завод-виробник може додатково поставити комплект змінних частин, встановлення яких дає можливість отримати необхідну виконання розсіву. Один комплект містить набір змінних частин на одну секцію.

Під час роботи розсіву особливу увагу слід звернути на рівномірне завантаження всіх секцій, герметичність кузова, відсутність підсорту однієї фракції в іншу, очищення сит, ефективність аспірації, відсутність сторонніх шумів.

Радіус траєкторії колових коливань в горизонтальній площині корпуса розсіву змінюють шляхом зняття або додавання змінних вантажів, що закріплюються на балансирах. При цьому необхідно, щоб маса і розташування вантажів на верхньому і нижньому балансирах були однаковими.

При обслуговуванні розсіву забороняється пускати в роботу розсів зі знятими огородженнями, нещільно закритими дверцятами, недостатньо закріпленими балансирами і пошкодженими тросовими підвісками (більше 10% зволікань). Також забороняється зупиняти розсів в період розбігу, проводити зняття або установку балансирів без такелажних пристосувань, виконувати ремонтні роботи, очищення рухомих частин до повної зупинки розсіву, також надягати привідні паси, перебувати на відстані менше 0,5 м від корпусу розсіву.

Технічна характеристика розсівів типу ЗРШ, РЗ-БРБ і РЗ-БРВ представлена в таблиці 9.3.

Таблиця 9.3

Технічна характеристика розсівів

Показники	ЗРШ4-4М	ЗРШ6-4М	РЗ-БРБ	РЗ-БРВ
Середнє питоме навантаження, кг/(м^2·доб)	—	—	1330	1330
Число секцій, шт	4	6	6	4
Число ситових рамок у секції, шт	14	14	22	22
Розміри ситової рамки, мм	400×800	400×800	404×680	404×680
Загальна площа сит, м^2	18	27	28,2	18,8
Радіус колових коливань, мм: - з продуктом	47	47	37,5	37,5

- без продукту	40	40	41	41
Витрата повітря на аспірацію, $м^3$/год	720...1020	960... 1440	—	—
Потужність електродвигуна, кВт	4	4	4	3
Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота кузова	 2340 1440 2370	 3090 2020 2370	 3730 1085 2036	 2770 1085 2036
Масса, кг	1920	3050	3200	2600

Під час роботи розсіву ЗРШ4-4М можуть виникнути несправності. Нагрівання корпуса підшипника викликається відсутністю мастила або попаданням у підшипник пилу і бруду. Необхідно промити підшипники і заправити їх новим мастилом. Розбризкування мастила з корпусу підшипника усувається заміною манжети чи постановкою на місце пружини. Підпір розсіву продуктом може бути викликаний його перевантаженням або недостатнім радіусом колових коливань при даній частоті обертання балансира. Несправність усувається збільшенням радіусу кругових коливань розсіву або доведенням навантаження до величини, що відповідає паспортному значенню.

Наявність в сходах великої кількості недосіву викликається перевантаженням розсіву, зносом очищувачів, поривом сит, зривом прокладок. Необхідно знизити навантаження, замінити зношені очищувачі. Підсорти в проходових фракціях усуваються заміною порваних сит новими ситами. Щоб уникнути пилення розсіву, необхідно забезпечити щільне прилягання дверей, поліпшити аспірацію розсіву. Можливий підвищений нагрів електродвигуна, викликаний його перевантаженням або виткових замиканням в обмотці. В цьому випадку усувають перевантаження або замінюють електродвигун.

Шестиприймальний розсів РЗ-БРБ (рис. 9.13) являє собою збірну конст-рукцію шафового типу і складається з наступних основних вузлів: корпуса *8*, дверей *9*, приймальних *7* і випускних *10* пристроїв, балансирного механізму з приводом *2* і кронштейна *4*.

Корпус *8* розсіву конструктивно об’єднання всі основні його вузли. Він підвішений до стельової рамі за допомогою очеретяних підвісок *5* і кронштейна *4*. Приймальні патрубки встановлені на плиті *6*, прикріпленій стержнями *1* до рами *3*.

Корпус (рис. 9.14) являє собою сталеву несучу конструкцію, в якій змонтовані два каркаси *13* з трьома секціями в кожному. До його складу входять: приймальний *1* і випускний *6* патрубки; короб *4*; напрямна 5 для ситових рам; основа *7*; кришка *8* панелі *9*; петля *11*; стінки *12*; каркас *13*. Між каркасами в центральній частині корпусу встановлено балансирний механізм *2*. Корпус складається з основи *7*, кришок *3* і восьми вертикальних стінок *12*. Центральна частина корпусу закрита панеллю *9*, в якій є знімна кришка *8* для доступу до балансирного механізму.

Панель *9* кріпиться до основи, кришки і стін корпусу болтами. Основні елементи корпусу з’єднані між собою за допомогою кронштейнів *10* і зкріплені болтовими з’єднаннями. Всі кутові з’єднання закриті кожухами. Пилонепроникність корпусу забезпечується установкою повстяних прокладок і ущільнювальної мастикою.

До зовнішніх стінок *12* кріпляться кронштейни *14* для затиску чотирьох пакетів гнучких підвісок *15*. Корпус розсіву підвішують до стельової рами.

Каркас розсіву являє собою нерозбірну дерев’яну конструкцію з лівим і правим виконаннями. Кожен каркас складається з чотирьох вертикальних стінок.

У верхній частині стінки з’єднані між собою розпірками, перемичками, планками і розподільником. З обох торцевих сторін стінок болтами закріплені кронштейни *10* для установки дверцят.

З’єднання стінок в нижній частині каркасу залежить від його технологічного призначення, він має 24 форми виконання. Відмінність їх полягає у конструкції днищ та встановлення перемичок. У кожній секції до вертикальних брусів з однаковим кроком шурупами прикріплені напрямні *5* для ситових рам з піддонами. В залежності від форм каркасів, лючків і заглушок у днищі корпусу і коробів у верхній частині кожної секції шестиприймальний розсів має 12 модифікацій.

Двері (рис. 9.15) розташовані з обох сторін кожної секції. У них установлені корпусу трьох розмірів по вертикалі. Причому укорочені корпуси дверей розміщені з боку приймання, де стоять двох- і трьохприймальні короби, а неукорочені – з протилежного боку.

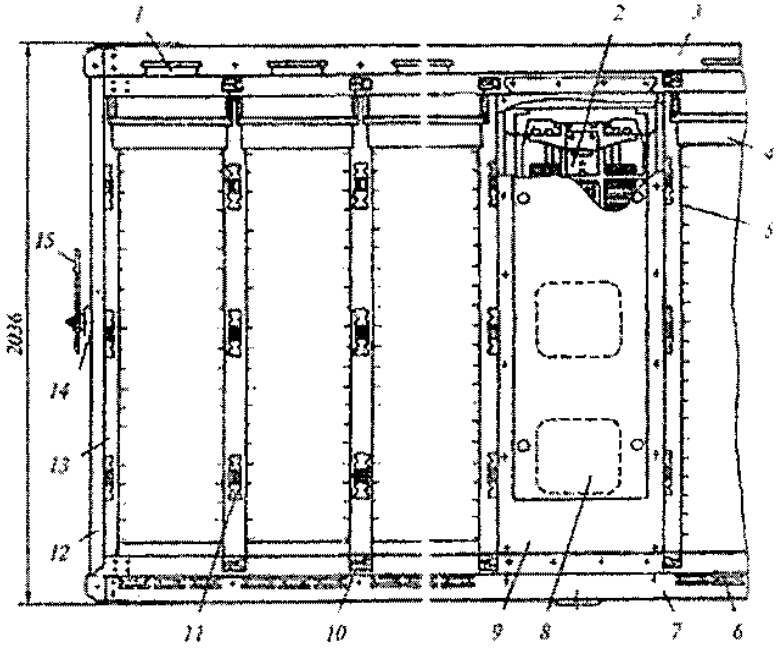


Рис. 9.14. Корпус шестиприймального розсіву РЗ-БРБ

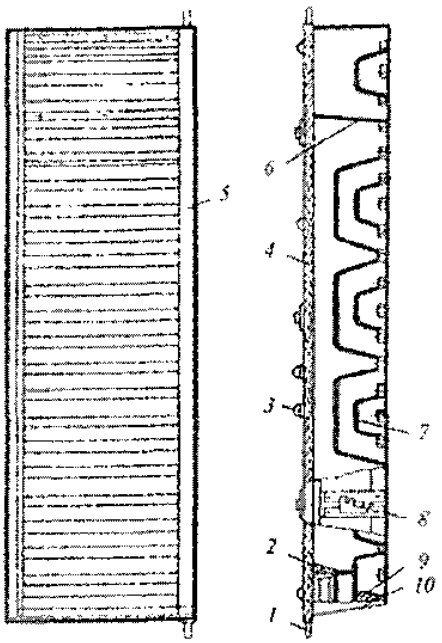


Рис. 9.15. Двері розсіву

Нижня частина корпусу дверей також має різні виконання, що відрізняються установкою лотків *7*, перемичок *10* і заглушок *2*, *6*, *9*. В іншому конструкція дверей однакова.

Двері складаються з корпусу *5*, який скріплений з панеллю *4* болтами і бугелями *3*. Вони виконують не тільки кріпильні функції, в них встановлюють ключі-ручки для відкривання і закривання дверей. У верхній і нижній частинах панелі розміщено два штирі *1* (для установки дверей у шарніри). Зовні корпусу встановлені кронштейни *8*. У них вставлені милиці для фіксації дверей на каркасі.

Внутрішні поверхні каркасу і панелі облицьовані металевим листом. Для забезпечення щільного прилягання до каркасу, нижній торець дверей обклеяний шкірою, а всі поверхні, що прилягають до сит, – повстю. Всередині корпусу дверей встановлені змінні лотки і заглушки. За їх допомогою в дверях утворюються канали для передачі сходових фракцій з одних сит на інші відповідно до технологічної схеми і для виведення їх з розсіву. Лотки мають різну форму і розміри, вони виконані з листового і профільного алюмінієвого сплаву. В паз, утворений між лотком і профілем, вставлений ущільнюючий матеріал. Заглушки представляють собою дерев'яну основу, до якої прикріплений алюмінієвий лист, а з торців – ущільнюючий матеріал. Різні поєднання панелей, корпусів, лотків і заглушок дають 52 варіанти виконання дверей.

Ситові рами – основні робочі органи розсіву. Вони призначені для поділу продуктів розмелювання по крупності. Рама являє собою дерев'яний каркас, що складається з трьох секцій. Розміри всіх рам однакові. Для підвищення зносостійкості внутрішня поверхня каркаса кожної секції рами покрита металевою стрічкою.

Зверху до каркасу металевими дужками прикріплено сито, облямоване по периметру бавовняною тасьмою.

Для сепарування всіх продуктів (крім борошна) у розсівах застосовують металотканні сита, а для висівання борошна – синтетичні. Сита встановлюють відповідно до технологічної схеми. В комплект розсіву входять 27 типів рам. Крім ситових, використовують раму, закриту металевим листом, - непрохідну. До нижньої частини рами скобами прикріплено днище з металотканої сітки з великими фіксованими отворами. Для щільного прилягання

рами до напрямних шаф на нижні поздовжні планки кріпиться ворсова тканина.

Для очищення сита в кожну з трьох секцій рам поміщений інерційний очищувач. Він виконаний з прямокутної текстильної пластини з махровими краями і металевою кнопкою в центрі. Причому кожен очищувач рухається по сітчастому днищу кнопкою вниз, очищаючи сито махровими краями. В міру зношування площа пластини поступово зменшується. Такий очисник підлягає заміні. Термін служби очисників на капронових ситах не менше року, на металотканних – не менше двох років.

На верхній частині рами встановлений піддон для вищерозміщених рам. Піддони призначені для збору та транспортування проходів сит на інші рами у відповідності з технологічною схемою. Піддон представляє собою металеву конструкцію з пластмасовими обмежувачами. До верхньої частини обмежувачів прикріплені ущільнення з ворсової тканини. Вони сприяють щільному приляганню піддону до напрямних шаф. По напрямних куточків рама просувається у шафу разом з піддоном.

Вертикальні бруси каркасу разом з рамами та піддонами утворюють у секціях шафи вертикальні канали для проходових фракцій. В залежності від технологічної схеми розсіву ці канали перекриті по висоті знімними елементами. Всі піддони мають однакові габаритні розміри, але в залежності від місця в схемі розсіву розрізняються по конструктивному виконанню, забезпечуючи вихід фракції на одну або дві сторони.

Приймальні пристрої (чотири або шість залежно від типу розсіва) призначені для подачі в розсів продуктів розмелу зерна. Їх монтують на нерухомій металевій приймальній дошці, підвішеній до стельового кріплення. На приймальній дошці між двома фланцями, скріпленими стрижнями, встановлені прозорі склянки для візуального контролю наявності продукту. До фланців стакан зверху і знизу прикріплений хомутами через повстяні прокладки. З нижньої сторони приймальної дошки змонтований стакан з конічною лійкою всередині. На фланець склянки надітий тканинний рукав, що сполучає приймальний пристрій з приймальним патрубком корпусу розсіву. Конічна воронка подає продукт на дисковий розподільник з круглими отворами. Він

встановлений в кожній секції розсіву.

Випускні пристрої призначені для виведення фракцій з розсіву на наступні технологічні операції. Пристрій являє собою підлоговий піддон з випускними патрубками. На кожен патрубок надітий матерчатий рукав, що сполучає його з шафою розсіву. Для відбору контрольних зразків фракцій на патрубках встановлені знімні гумові кришки. Число випускних патрубків відповідає технологічній схемі розсіву.

Привід розсіву (рис. 9.16) передає обертальний рух від електродвигуна ротору балансирного механізму. Він складається з електродвигуна *9*, змонтованого на рамі *10*, клинопасової передачі *6* з ведомим *1* і ведучим *7* шківами, корпусу *13* підшипникового вузла, в якому встановлений підшипник *4*. Для контролю рівня масла в корпусі підшипника встановлений рівнемір *2*. Дві заглушки *5* дозволяють заливати і зливати масло. Паси натягують двома натяжними болтами *8*.

Обертальний рух передається від вала *3* приводу до валу *11* ротора балансирного механізму жорсткою ексцентриковою муфтою *12*. Привід змонтований на рамі стельового кріплення, встановленого на міжповерховому перекритті.

Балансирний механізм (рис. 9.17) передає розсіву коловий поступальний рух у горизонтальній площині. Він складається з пластини *6*, болтів *7* і *17*, пружини *8*, прокладки *9*, повідків *15* і *21*, привідного вала *20*, вала-балансира *22*, осей *5* і *10*, корпусів підшипників *14* та *23*, балансира *19*, кришки *2*, рівнемірів *1* і *13* . Він встановлений в центральній частині корпусу розсіву у верхньому *11* і нижньому *4* підшипниках, які закріплені болтовими сполуками відповідно у кришці і його підставці. Момент обертання від вала *22* передається балансиру *19* через повідок *15*, захоплення *16* і пружини *8*.

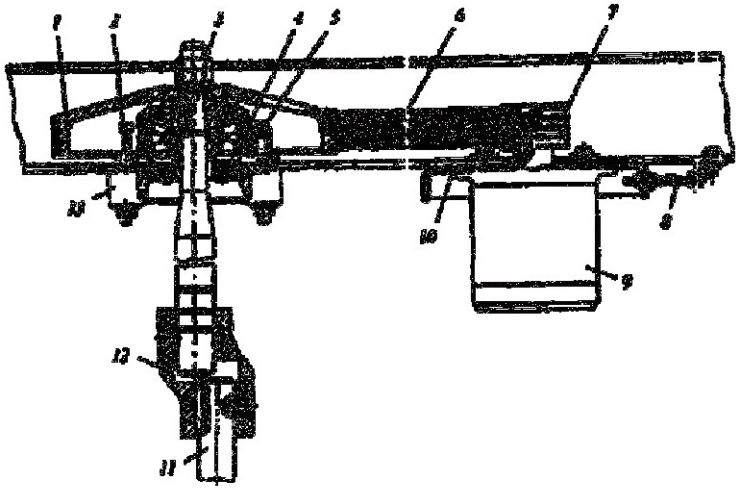


Рис. 9.16. Привід розсіву

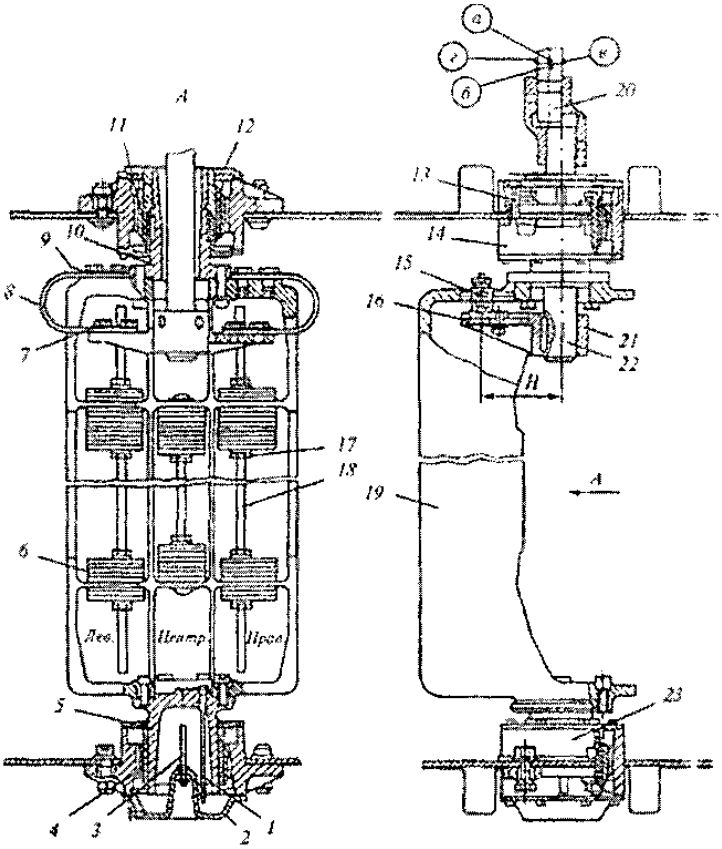


Рис. 9.17. Балансуючий механізм

Верхній підшипник – верхня опора ротора. Він складається з литого чавунного корпусу *14*, закритого кришками зверху і знизу. Нижня кришка є масляною ванною верхнього підшипника. Масло у

підшипник заливають через отвір рівнеміра *13*. У верхній частині підшипникового вузла встановлено масловідбивач *12*. Щоб запобігти обертання верхнього підшипника в корпусі, він зафіксований шпонкою. На осі *10* закріплена втулка, яка своїм торцем упирається в гвинт.

Нижня опора ротора – нижній підшипник. Його пристрій аналогічний верхньому. Відмінність полягає тільки в конструкції осі *5* і нижньої кришки *2*. В останню чергу вмонтована трубка *3*, призначена для вирівнювання тиску. Рівнемір *1* встановлений в осі нижнього підшипника і обертається разом з нею.

Балансир *19* являє собою чавунний виливок з вертикальними стінками і ребрами, що утворюють три сектори, які розділені на горизонтальні секції. В середні секції залитий свинець (постійний вантаж) – дебаланс, а у верхніх і нижніх секціях на болтах *17* і шпильках *18* встановлені знімні пластини, балансуючі розсів. Вони закріплені шайбами і гайками.

Розсів РЗ-БРВ. Використовують для контролю мучки, він має такі основні вузли: корпус з двома каркасами, вісім дверей, ситові рами, прийомні і випускні пристрої, балансирний механізм з приводом. Корпус розсіву РЗ-БРВ – сталева несуча конструкція з двома дерев'яними каркасами. Складається з двох центральних і двох бічних стінок, кришки і основи. Бічні стінки з кришкою і основою утворюють два замкнутих силових пояси.

У центральній частині корпусу розміщено балансирний механізм, а праворуч і ліворуч від нього розташовані каркаси (шафи). Кожен з них складається з двох секцій. Корпус підвішений до міжповерхового перекриття за допомогою чотирьох пакетів з морського очерету (по шість прутів в кожному). Пристрій корпусу, каркасів, підстави і кришки та ін. у розсіві РЗ-БРВ ідентично розсіву РЗ-БРБ. Різниця зумовлена числом секцій.

Технологічні схеми розсіву показані на рис. 9.18. В розсівах, установ-лених на борошномельному заводі продуктивністю 500 т/добу, використовують 21 технологічну схему. За структурою ці схеми можна умовно розділити на три типи. Причому 19 схем I і II типів обслуговують основний технологічний процес виробництва борошна у розсівах РЗ-БРБ, а дві схеми III типу використовують для

контролю у розсівах РЗ-БРВ. На рис. 9.18, як приклад, наведено технологічні схеми трьох типів: № 1 для I драному системи, № 8 для 1-й розмельної системи та № 15 для контролю мучки.

Технологічних схем I типу шість. Вони мають чотири групи сит і призначені для отримання трьох-чотирьох сходових і однієї-двох проходових фракцій. Перша група у цих схемах включає шість сит, три з них, як правило, приймальні. Схеми такого типу застосовують на I, II, III великих і дрібних, IV великої драних системах і на 4-й розмельній системі.

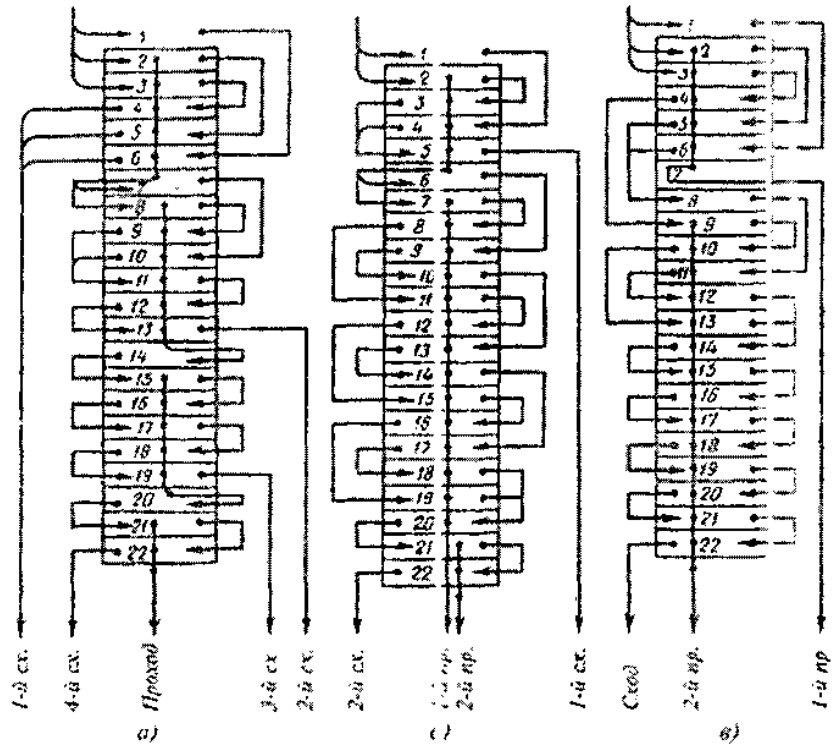


Рис. 9.18. Технологічні схеми процесів у розсівах РЗ-БРБ і РЗ-БРВ

а – схема №1; б – схема №8; в – схема №15

Технологічні схеми II типу включають три групи сит, з яких отримують дві сходові і дві проходові фракції. Більшість схем цього типу мають по два приймальних сита. Технологічних схем II типу всього 13, їх використовують на IV дрібній драній системі, а також на всіх сортувальних, шліфувальних і розмельних (крім 4-ї) системах.

Технологічних схем III типу всього дві. Вони містять дві групи сит і призначені для отримання двох проходових і однієї сходової

фракцій. У цих схемах по три приймальних сита. Структура технологічних схем суворо відповідає тій операції, яку виконує кожен розсів.

Усі 14 розсівів мають різні поєднання технологічних схем (відповідно форм виконання). Для борошномельного заводу продуктивністю 500 т/добу розсіви постачають комплектно. Відмінності у формах виконання розсіву по секціям обумовлені специфічними особливостями переробки зерна з різною скловидністю.

Відмінна особливість розглянутих розсівів – шафова конструкція, яка дозволяє значно знизити працемісткість збирання та розбирання ситового пакету, а також відповідає сучасним вимогам технічної естетики. Секції розсіву розташовані в один ряд і з обох сторін мають двері. Можливість обслуговування кожної секції з обох сторін також, безсумнівно, є перевагою цієї конструкції. Гнучкі підвіски з морського очерету запобігають розгойдуванню розсіву при резонансі в період пуску і зупинки.

Прості і недорогі очищувачі забезпечують високу ефективність очищення сит, не викликають зношування та ушкодження ситової тканини. Сита з фіксованими розмірами отворів забезпечують високу чіткість сортування. У широких і порівняно коротких ситових рамах здійснюється безгонковое транспортування продуктів розмелу в результаті природного підпору, що не порушує процесу самосортування. Різні ущільнювачі забезпечують герметичність розсіву, відповідно відсутні запилювання і подсори. Наявність жорсткого веретенного приводу забезпечує високу точність заданої траєкторії і кінематичних параметрів. Різноманіття технологічних схем і форм виконання розсіву дозволяє враховувати специфічні особливості окремих етапів виробництва і якості сировини.

Виробниче балансування розсіву проводять в наступних випадках. Якщо в період розгону приводний вал обертається з биттям, а в сталому режимі працює стійко, причина биття – неправильна установка конуса повідця ротора. В цьому випадку пересувають поводок з конусом по пазу, змінюючи відстань до осі обертання – розмір Н (див. рис. 9.17).

Якщо привідний вал у період розгону і на повному ходу

обертається спокійно, то нижня частина його описує коло, тобто має радіальне биття. Причина такого явища – неправильне розташування знімних вантажів у роторі (несиметричність): перевантаження або недовантаження. В цьому випадку ротор балансують за допомогою знімних вантажів за такою методикою. Привідний вал покривають крейдою. В робочому режимі (п = 220 об/хв) стосуються вала загостреною, нерухомо встановленої дерев'яною планкою. Якщо ротор разом з розсівом збалансований правильно, то загострена планка залишає на приводному валу коло. При наявності радіального биття виходять ризики, відповідні точкам максимального відхилення приводного валу. Якщо ризику утворилася в положенні а, додають вантаж в ліву частину, в положенні б – у праву частину, в положенні в – виймають вантаж з центральної частини, в положенні г – додають вантаж в центральну частину (див. рис. 9.17).

Траєкторію руху корпуса розсіву перевіряють при кожному балансуванні на повному ходу при частоті обертання 220 об/хв. Для цього вибирають дві ділянки на площині кришки і днища. Траєкторії відбалансованого розсіву на кришці і днищі повинні бути однаковими (з радіусом 41 мм). Для отримання графічного зображення траєкторії руху на обрані вільні ділянки кришки і днища прикріплюють листи паперу. Потім торкаються вертикально встановленим олівцем кожного листа. Олівець залишає на папері траєкторію руху розсіву, близьку до кола. Час зіткнення олівця з папером повинні відповідати трьом – п'яти обертам розсіву. Порушення колової траєкторії усувають, змінюючи положення вантажів у вертикальній площині.

Якщо на кришці розсіву траєкторія являє собою зменшену окружність або овал, а на днище – велике коло або овал, то вантаж ротора перекладають зверху вниз. В іншому випадку балансування проводять в зворотному порядку. Заданий діаметр кругової траєкторії розсіву строго витримують. Його зменшення знижує продуктивність машини і погіршує розсівання. Щоб визначити радіус траєкторії розсіву, три рази вимірюють діаметр отриманої окружності і ділять середнє значення навпіл.

Під час експлуатації розсіву особливу увагу звертають на рівномірність завантаження всіх секцій; герметичність кузова (ослаблення різьбових з'єднань і запилювання продуктів

неприпустимо); подсорти однієї кінцевої фракції в іншу; стан всіх рухомих вузлів і деталей, ситової поверхні (забиваємість, цілість), підвісок .

У роботі розсіву РЗ-БРБ і РЗ-БРВ можуть бути несправності. Запилювання продукту розмелювання зерна з випускних патрубків, дверей та прийомних коробок розсіву найчастіше виникає при наявності зазору між дерев'яним каркасом і металевим корпусом. В цьому випадку необхідно відкрити двері, ретельно очистити від продукту розмелювання нижню внутрішню порожнину секції і промазати стики замазкою У-20А.

Можливими причинами пилення з дверей є ущільнення повсті, погане очищення прилеглої площини дверей і каркаса з рамами та піддонами, порушення цілісності ущільнюючої повсті, відрив або загин шкіряного язичка на приймальній коробці. Для усунення несправності необхідно перед закриттям дверей прилеглі її площини і каркаси з рамами та піддонами ретельно очистити від продукту розмелу зерна, не порушуючи цілісності повсті і його приклеювання. Розправити або приклеїти новий язичок. Кінець язичка повинен бути притиснутий зачиненими дверима.

Поломка пружини балансира найчастіше відбувається через невиконання вимог монтажу. В цьому випадку необхідно замінити пружину, забезпечити горизонтальність і паралельність несучих стельових балок в межах одного розсіву до 2 мм. При відстикуванні колінчатій муфті забезпечити співвісність приводу і розсіву, вертикальність очеретяних підвісок і горизонтальність розсіву до 2 мм.

Якщо перегрівається або заклинює підшипник, то його необхідно замінити. Знос і зісковзування випускних рукавів викликаються неточністю установки нижніх приймачів. Необхідно при відстикованій колінчатій муфті забезпечити співвісність приймальних і випускних патрубків.

9.4. Крупосортувальні машини

Сортування лущеного зерна і контроль вихідних продуктів – заключний

етап переробки зерна в крупу. Його мета полягає в тому, щоб покращити якість круп відокремленням від доброякісного ядра нелущеного зерна, лузги, борошенця, феромагнітних домішок. При сортуванні продуктів лущення відокремлюють борошенце, відсівають лузгу, відокремлюють ядро від нелущених і недолущених зерен. Їх відділяють послідовним просіюванням на ситах і повітряними сепараторами, відокремлюють дроблене ядро, борошенце і лузгу. Найбільш складно розділити основні продукти лущення – лущені і недолущені зерна через незначну різницю їх фізичних ознак. Тому, для цього застосовують методи підбору ядра (круповідокремлення) за сукупністю ознак – різниця розмірів, густини, стану поверхні у лущеного і недолущеного зерна. Ядро відбирають на ситових машинах (розсійники, крупосортувальні грохотні машини), трієрах, пневмовібростолах і падді- машинах.

Вміст у готовій крупі сторонніх частинок і погано оброблених зерен не повинен перевищувати допустимих норм, тому, проводять сортування готових продуктів і контроль круп за технологією, що включає операції:

- просіювання продуктів на крупосортувальних розсійниках для відокремлення недолущених і недоброякісних зерен;
- сортування в трієрах круп (рисова, вівсяна) для відокремлення частинок ядра;
- провіювання в повітряних сепараторах для відокремлення лузги і борошенця;
- контроль в магнітних уловлювачах для відокремлення феромагнітних домішок.

Контроль подрібнених круп простіший, ніж контроль цілих круп. Подрібненні крупи, що одержані при переробці ячменю, пшениці, кукурудзи в процесі контролю розсортовують на ситах за розмірами (номерами). Номер крупи характеризує величину частин, які входять в окрему фракцію і визначається розміром отворів сита, через яке одержані крупи ідуть проходом.

Подрібненні крупи (ячмінну і кукурудзяну) сортують на три номери (1, 2, 3). Перлову, пшеничну і кукурудзяну номерну після шліфування та полірування сортують на п’ять номерів. Крупу кожного номера провіюють в аспіраторах і контролюють в магнітних уловлювачах.

Контроль відходів – мучки і лузги виконують для вилучення із лузги доброякісного ядра або його частинок, які додають у готову крупу. Контроль мучки і лузги проводять просіюванням для відокремлення частинок ядра і провіюванням в аспіраційних каналах (колонках) для відокремлення лушпиння.

У сільськогосподарських агрегатних крупорушках поширена крупосортувальна машина (рис. 9.19), що складається з коливного грохоту і аспіраційних колонок.

Верхнє сито *5* – змінне, штамповане (наприклад, для гречки виготовляють комплект з чотирьох – п’яти сит з круглими отворами), нижнє сито *6* – стаціонарне, складається з чотирьох секцій, розмірами отворів в яких зростають від сита А до кінця.

Під час роботи машини в результаті коливань грохота, всі менші частинки продукту разом з ядром проходять через отвори сита *5* і падають на комбіноване сито. Нелущене зерно і крупні частинки лузги сходять із сита в аспіраційну колонку, де провіюються повітряним потоком. Нелущене зерно направляють на повторне лущення, а лузгу – у відокремлювач (циклон) *9* пневмотранспортної системи. На першій секції А комбінованого сита відсіюється найдрібніша фракція І – борошенце з дрібними частинками оболонок (кормові відходи), на секціях Б і В – проділ, на секції Г – ціле ядро. Проділ і ціле ядро провіюються в аспіраційних колонках. Швидкість повітряних потоків у колонках регулюють шиберними заслінками. Її встановлюють дещо більшою за швидкість витання частинок лузги.

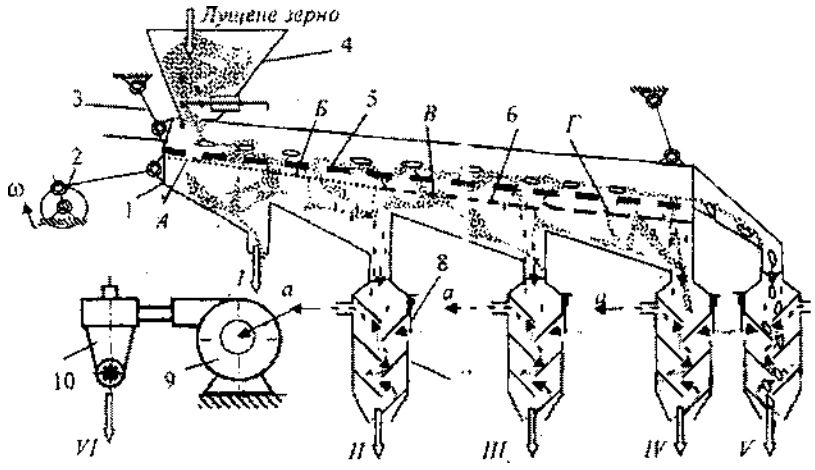


Рис. 9.19. Принципова схема крупосортувальної машини:

1 – ситовий корпус; *2* – ексцентриковий механізм; *3* – підвіски; *4* – живильник; *5* – верхнє сито; *6* – нижнє комбіноване сито; *7* – аспіраційні колонки; *8* – шиберна заслінка; *9* – вентилятор; *10* – циклон; А, Б, В, Г – секції комбінованого сита; *а* – I – кормові відходи; II, III – ціле ядро; V – нелущене зерно

Двоярусна крупосортувальна машина А1-БКГ-1 призначена для контролю пшона і вівсяної крупи. Сортувальний продукт розділяють на три фракції: смітні домішки, крупа і подрібнені частки з борошном.

Станина машини має дві боковини *3*, які скріплені чотирма перемичками *31*. До станини на підвісках *18* кріплять дерев'яні ситові верхній *6* і нижній *4* кузови. В кожному ситовому кузові розташовані три зміні ситові рами *14* з пробивними ситами і металевим піддоном *32*. Верхній кузов обладнаний патрубком *30* для виводу сходу (крупної домішки) і лотком *29* для подачі прохідного продуту (крупи, дріблянки і борошенця) на нижній кузов з патрубком *2* для виводу сходу (крупи) і патрубком *1* для виводу проходу (дріблянки і борошенця). Ситові кузови через ексцентрики *33* і тяги *21* приводяться у зворотно-поступальний рух від головного валу *28*, який в свою чергу, приводиться електродвигуном *23* через клинопасову передачу *22*.

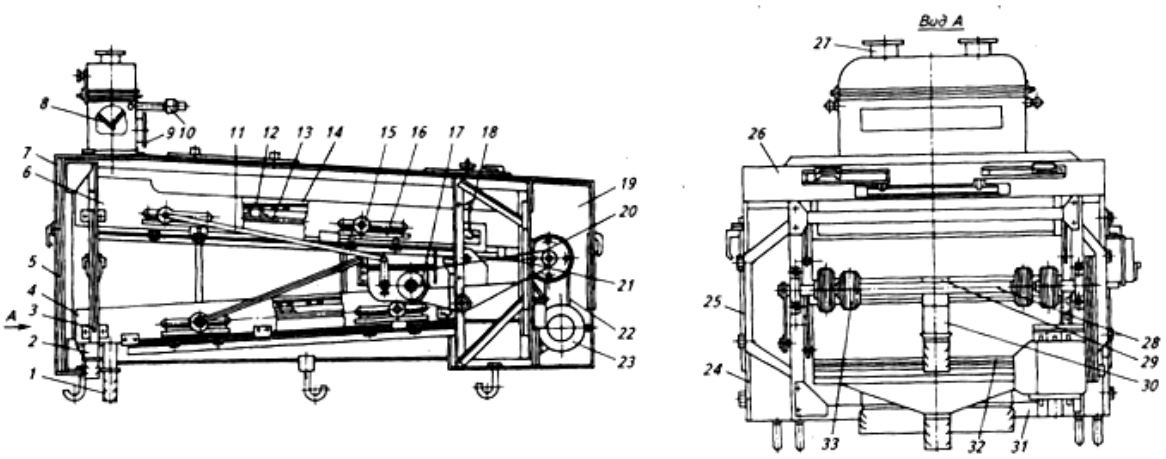


Рис. 9.20. Крупосортувальна машина А1-БКГ-1:

1 – патрубок для виводу проходу; *2* – патрубок для виводу сходу; *3* – боковина; *4*, *6* – нижній і верхній ситові кузови; *5*, *25* – двері; *7*, *19* – огородження; *8* – живильник; *9* – аспіраційний патрубок; *10* – вантажний клапан; *11* – кривошипно-шатунний механізм; *12* – щітка; *13* – рама; *14* – ситова рама; *15* – ролик; *16* – направляюча; *17* – редуктор; *18* – підвіска; *20*, *22* – клинопасова передача; *21* – тяга; *23* – електродвигун; *24* – боковина кожуха; *26* – обшивка; *27*, *30* – патрубки; *28* – головний вал; *29* – лоток; *31* – перемичка; *32* – піддон; *33* – ексцентрик

Сита очищуються щітковим механізмом, який складається із рами *13* з шіст'ю щітками *12* і кривошипно-шатунного механізму *11*, який приводиться в рух від головного валу завдяки клинопасовій передачі *20* і двоступеневого циліндричного редуктора *17*. Щіткові рами пересуваються на роликах *15* по направляючим *16*, які закріплені на боковинах станини.

Зовні машина закрита кожухом, який складається із верхньої обшивки *26*, двох боковин *24* і двох огороджень *7* і *19*. На кожній боковині кожуха зроблені по двоє знімальних дверей *25*, а на знімальних огородженнях *7* і *19* – по одних знімальних дверях *5*. У верхній частині рами встановлений живильник *8* з вантажним клапаном *10*, двома приймальними патрубками *27* і аспіраційними патрубками *9*.

Крупа поступає через приймальні патрубки живильника, накопичується на вантажному клапані, розподіляється по всій його ширині і падає на сито верхнього кузова. В процесі руху крупа просівається через отвори сит і падає на піддон, а крупні смітні домішки ідуть сходом і через випускний патрубок виводяться із машини. Прохід через випускний лоток потрапляє на сито нижнього кузова. Тут крупа іде сходом і через патрубок виводиться назовні. Дріблянка і мучка проходять через отвори сит і даллі по піддону направляються у вихідний патрубок.

При налаштуванні машини регулюють кут нахилу кузовів, підбирають правильний розмір отворів сит, регулюють висоту щіток і швидкість надходження продукту. Кут нахилу ситових кузовів регулюють, змінюють довжину підвісок за допомогою чайок. Для

зміни висоти щіток підіймають або опускають направляючі. По мірі зношування щіток направляючі переміщують вверх.

Таблиця 9.4

Основні технічні дані крупосортувальної машини А1-БКГ-1

Продуктивність, т/год: на попередньому контролі: пшона	5,0
вівсяної крупи	2,2
на кінцевому контролі: пшона	2,5
вівсяної крупи	1,5
Площа просіваючої поверхні сит (не менше), $м^2$	3,2
Число коливань кузовів, мм	390
Амплітуда коливань кузовів, мм	16
Витрати повітря на аспірацію, $м^3$/год	720
Потужність електродвигуна, кВт	1,1
Габаритні розміри, мм:	2800×1625×1680
Маса, кг	750

В процесі роботи машини можлива поява стуку в приводному механізмі, який визивається невідбалансованістю, перекосом привідного валу і тяги, зміщенням груза, виходом із ладу підшипників. Для усунення стуку перевіряють положення і кріплення грузів, затягнення болтів, ліквідують перекіс тяг валу, замінюють підшипник.

Домішки і бруд ліквідують заміною порваних сит або ліквідацією зазорів між ситовою рамою і корпусом. При недостатньому очищенні сит піджимають очисники.

9.5. Падді-машини

Аналіз факторів, що впливають на технологічну ефективність сепарування сипких сумішей. Сепарування зернопродуктів та інших сипких сумішей майже завжди виконується в умовах стісненого руху частинок, геометричні та фізико-механічні властивості яких варіюють за випадковими законами, а взаємодія частинок у операціях, що

виконуються носить також випадковий характер. Важливо і те, що характеристики зернового складу (диференціальні та сумарні показники) та показники якості операцій сепарування (наприклад, видалення, засміченість, відходи) ті, що застосовуються в технології переробки сипких матеріалів по суті та навіть по формі відображають випадковий характер розподілу компонентів суміш та реалізованих процесів сепарування.

Ці особливості розглянутих процесів виключають їх можливість детермінованого (динамічного) описання і є причиною повної відсутності методів розрахунку показників якості сепарування, заснованих на будь-яких динамічних моделях процесу.

Спроби описання процесів сепарування на основі розглядання руху ізольованої частинки хоча і давали в окремих випадках корисні дані про можливий характер руху частинки суміші на робочому органі (наприклад, траєкторії частин їх швидкості, моменту відриву), але, певна річ, не могли привести до розрахунків показників технологічної ефективності процесу за конструктивними, механічними та завантажувальними характеристиками обладнання. А саме по вказаним причинам при описі операцій сепарування виявилось природнім та доцільним використовувати уявлення та апарат теорії випадкових процесів.

Основні положення статистичної теорії сепарування та додатки до розрахунку ефективності процесу вібросепарування були викладені в 1960 році. В останній період основи цієї теорії були розвинуті, удосконалені методи розрахунку, що витікають із неї, розширені межі використання. Наведені результати опису та розрахунку ефективності процесу сепарування, головним чином для застосування до операцій сортування, очищення та збагачення зернопродуктів на ситах, решетах, пневмостолах, а також сепарування та зносу у апаратах з псевдозрідженим шаром, у відцентрових класифікаторах та сепаруючих пристроях з відбивними стінками.

Вирішення вказаних питань зв’язане з використанням наступного загального підходу до опису кінетики різних процесів та операцій переробки дисперсних матеріалів.

Описання процесу сепарування в падді-машині

Робочі органи падді-машини – канали з гладким днищем та

зигзагоподібними стінками (рис. 9.21). Зигзагоподібні стінки утворені трикутними призмами з перемичками, що встановлені в певному порядку. Канали мають невеликий нахил в сторону основи призми. Трохи вище середини каналу його днище має злом (рис. 9.21, *в*).

Продукт потрапляє в місто злому. Канали виконують прямолінійні коливання в горизонтальній площині, перпендикулярній їх поздовжній вісі. Внаслідок такого руху продукт, що знаходиться в каналі, почергово відбивається до правої та лівої стінок. При ударах об стінки виконується самосортування та розшарування суміші. Необрушені зерна, що знаходяться у верхніх шарах, внаслідок ударів переміщуються по каналу вгору, виділяючись верхнім сходом. Обрушені зерна, що знаходяться внизу суміші, поступово зміщуються вниз і виходять з каналу, утворюючи так званий нижній схід.

Незважаючи на широке використання падді-машини для сепарування різноманітних сипучих продуктів, до теперішнього часу відсутні інженерні методи їх технологічного розрахунку і не існує єдиної точки зору на фізичну сутність процесу, що проходе в падді-машиних. На частинку продукту, що потрапила до каналу, діють сили інерції, які виникають при ударі частинок об бокові стінки. Сили тяжіння та сили тертя між стінками, дном та частинкою. Сили співудару частинок об бокові стінки направлені орієнтовно перпендикулярно боковим стінкам елементу і намагаються переміщувати частинку вверх, так як одна з складових сил направлена вверх, а інша - паралельно основі. Сила тяжіння викликає рух частинки під уклон, вниз.

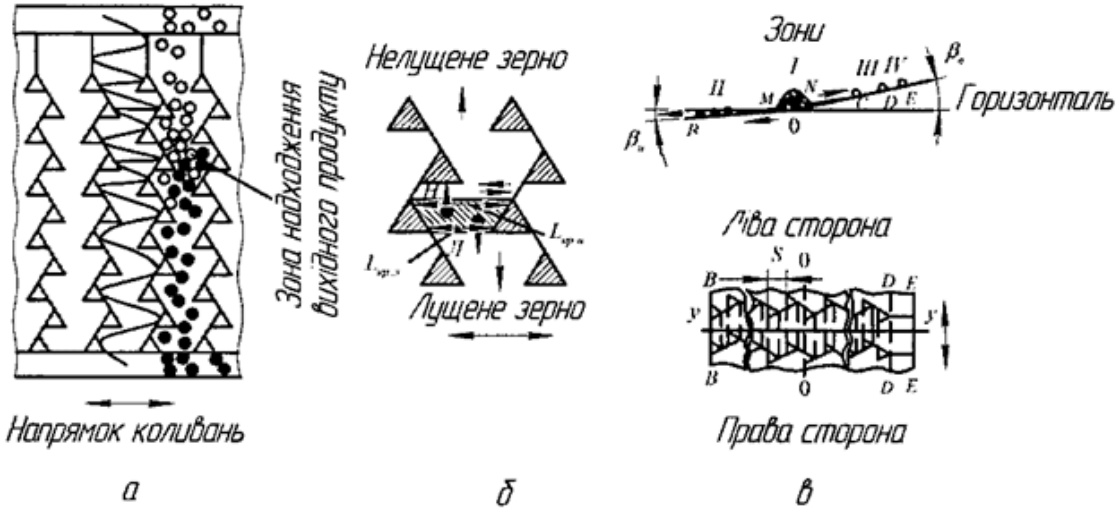


Рис. 9.21. Сортувальний стіл падді-машини

а – схема розташування каналів; *б* – схема елементу каналу в плані; *в* - робочий канал (перетин); *I* – зона сепарування; *II*, *III*, *IV* – зони виводу фракцій

При певних значеннях кута нахилу, частоти та амплітуди коливань ці сили урівноважуються і частинка буде здійснювати гармонічні коливання в певному місці каналу, де відстань між стінками рівна $L_{кр}$ (рис. 9.21, *б*), яка називається критичною координатою. В реальних умовах такий режим руху частинки буде нестійким, і будь-яке збурююче зусилля виведе частинку з цього режиму. Якщо частинка випадково опиниться вище критичної координати, то сила ударів в цій зоні зросте і частинка буде переміщуватися вверх. Навпаки, якщо частинка опиниться нижче критичної координати, то вона буде переміщуватися вниз. Критична координата визначається не тільки параметрами каналу, установочними і кінематичними параметрами машини, але й ударно-фрикційними властивостями частинки. Чим більш пружні частинки, тим менше величина $L_{кр}$, тобто нижче вона розташована. Якщо більш пружну частинку помістити між критичними координатами, то вона буде переміщуватися вверх, тому що буде знаходитися вище своєї координати. А менш пружна частинка з'явиться нижче своєї критичної координати і буде переміщуватися вниз.

Як наслідок, висота трапеції повинна бути декілька менше різниці критичних відстаней. В цьому випадку можлива достатньо висока ефективність відокремлення. Послідовне з'єднання ряду елементів в каналі збільшує ймовірність направленого руху частинок з різноманітними властивостями. Ефективність відокремлення суміші висока в тому випадку, коли за рахунок самосортування більш пружні частинки (звичайно не обрушені зерна) опиняються у верхньому шарі суміші, що і спостерігається в реальних умовах. Фізичні властивості зерен та їх суміші значно відрізняються. Дослідження ударно-фрикційних властивостей окремих обрушених та не обрушених зерен показало, що хоча в середньому вони відрізняються, але варіаційні криві цих властивостей значно перекривають одна одну, що значно

ускладнює процес відокремлення.

Види виконань падді-машин. Найбільш сучасні падді-машини випускаються фірмами Бюлер (Швейцарія), Шуле та ММВ (Германія). На протязі багатьох років великі підприємства нашої держави оснащувалися падді-машинами фірми ММВ, удосконалені моделі яких виробляються і на сьогоднішній день. В теперішній час Хорольський механічний завод спільно з обєднанням „Агросимашбуд" освоїв виробництво падді-машин МСХ продуктивністю до 1700 кг/год, призначених для сортування продуктів обрушування зерен з гречаної, рисової, вівсяної круп, відокремлення дикої редьки, сажки, недоброякісного зерна з технологічною ефективністю 92-96%. Машина МСХ створена з врахуванням основних конструктивних рішень машин типу ТА/1. Падді машини є найбільш ефективними в процесі сепарування продуктів обрушування як по виділенню обрушених зерен, що досягає 98%, так і по чіткості сепарування колінчатий вал, тобто по вмісту чистого ядра в фракції необрушених зерен. Хоча машинобудівники країн СНД тільки починають освоєння машин цього типу, в наукових організаціях Росії проведені серьозні дослідження по вивченню цього способу сепарування (МГПУ, Російський інститут зерна). В результаті розроблені теоретичні предпосилки, виявлені основні фактори та параметри, що впливають на ефективність процесу, що дозволило розробити рекомендації по удосконаленню окремих елементів їх конструкції. На рис. 9.22 представлений загальний вид машин ТА/1 (фірма ММВ, Германія) та МСХ-М (Хорольський механічний завод, Україна).

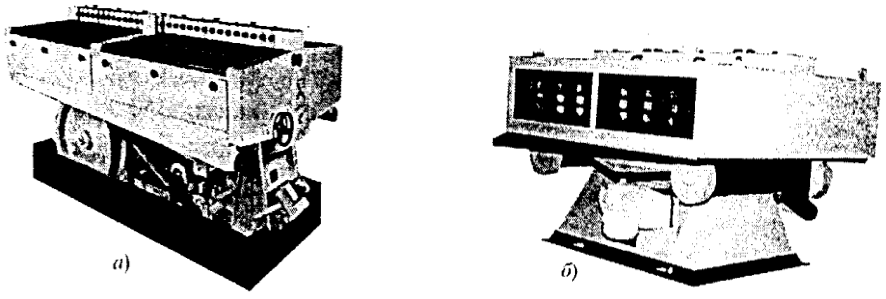


Рис. 9.22. Падді-машини (загальний вигляд): а) ММВ-ТА/1; б) МСХ-М

Робочий елемент сортувального стола падді-машини (рис 9.23) – це зигзагоподібні канали. В машинах виробництва фірми ММВ, широко розповсюджених на вітчизняних підприємствах, кількість таких каналів може змінюватися від 10 до 78. Робочий канал (рис 9.23,*б*) утворюється відбивальними стінками, розміщеними під кутом до поздовжньої вісі канала та плоским днищем, зломаними в зоні приймання продукта таким чином, що в нижній частині канала днище має кут нахилу до горизонта.

Як бачимо на рисунку, конфігурація канала в плані – це сукупність робочих елементів трапецеїдальної форми та ділянок паралелограмної форми, що послідовно чергуються.

Закордонними фірмами падді-машини виготовляються одинарного та подвоєного виконання. Найбільш перспективні одинарні падді-машини, в якості прикладу розглянемо машини фірми ММВ-ТА/1. Падді-машина складається з основних конструктивних груп: привода, колінчатого вала, нижньої частини станини, сортувального стола з приймально-розподільною коробкою та пристрою для регулювання кута нахилу столу.

Приймально-розподільний пристрій для подачі продуктів на всі яруси та канали розташований на середині сортувального стола по всій довжині машини. Розподільна коробка в поздовжньому напрямку поділена на два відділення, кожне з яких має клапани, що розподіляють поданий продукт по всій довжині. Через отвори в поздовжній перегородці продукт потрапляє в друге відділення коробки. Для досягнення рівномірного попередньоьго дозування ці отвори регулюють заслінкою.

Сортувальний стіл в відповідності з типорозмірами машин має один, два чи три яруса (поверха), в яких канали розташовані поруч. В випадку коли машина має один чи два яруса, продукт потрапляє на верхній ярус. На нижній ярус при двоярусному столі продукт направляється через трикутні площадки відбійників. В випадку триярусного стола продукт поступає з приймально-розподільної коробки в спеціальний пристрій, що розташований над верхнім ярусом та відокремлений поперечними стінками. В ньому передбачені отвори, через які продукт поступає безпосередньо на верхній ярус та

через вертикальні канали (пустоти) – на середній та нижній яруси. В випускних пристроях збирається продукт з окремих каналів, який виводиться за межі машини з бокових сторін.

Сортувальний стіл повертається вздовж поздовжноьї вісі. Таким чином, досягається регулювання виходу фракції, тобто зміна кута нахилу робочих каналів. Аспірація падді-машини виконується через повітряпроводи. Подача продукта та аспіріція виконується через гнучкі металічні рукави.

Вибір необхідного числа коливань залежить від матеріалу, що сепарується та підбирається оператором.

Регулювання числа коливань може виконуватися на ходу машини за допомогою ручного маховика. Максимальне число коливань сортувального стола складає 110 кол/хв. В останніх моделях машин встановлені датчики та табло з цифровою індексацією числа ходів (коливань).

Падді-машини МСХ-М по технології, робочим органам, основним механізмам, пристроям регулювання аналогічні машинам ТА/1, але навідміну від машин ТА/1 машини МСХ-М немають електронних датчиків числа ходів та кута нахилу сортувального стола. Також відмінність в цих машинах є в приводі, в машині МСХ-М привід сортувального стола виконуєиться від електродвигуна через маховик з ексцентриком, амплітуда коливань сортувального столу змінюється шляхом зміни положення ексцентрика. В машині ТА/1 привід сортувального столу здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу

Аналіз основних недоліків та причин відказів падді-мешин. Машина або елемент може втрачати роботоздатність, як поступово так і раптово, при випробуваннях чи експлуатації виникають відмови, що носять технічний чи технологічний характер.

Основні поломки поділяють на експлуатаційні, що викликані виконанням технологічного процесу, та конструктивні через недосконаліть самої конструкції.

Основними ж недоліками в роботі падді-машини є те, що оптимальні якісні та кількісні показники процесу сепарування досягаються в достатньо вузькому проміжку значень амплітуди А та кутової частоти w, а їх вплив вплив на процес сепарування

визначається величиною амплітудного прискорення Aw^2, також машина потребує тонкого регулювання, в тому числі також при зміні фізико-механічних властивостей суміші, що сепарується.

Певному куту нахилу канала до горизонтальної площини $B_в$ повинна відповідати певна величина амплітудного прискорення, залежність $B_в(Aw^2)$ – лінійна, причому, зі збільшенням $B_в$ збільшується і Aw^2. Для наглядності схема сортувального стола падді-машини зображена на рис. 9.23.

Також, ще одним важливим недоліком є те, що зі збільшенням концентрації, навантаження та вологості вихідних продуктів, ефективність сепарування знижується.

Таблиця 9.5

Можливі несправності та методи їх усунення

Найменування несправності	Імовірна причина	Спосіб усунення
Підсилена вібрація машини, невластиві постукування	Послаблені болтові кріплення Послаблені анкерні кріплення Збільшені зазори між корпусом підшипника та щоками, між роликами та опорними поверхнями Зношення підшипників	Підтягнути кріплення Підтягнути кріплення Встановити робочі зазори Підшипник замінити
Потрапляння нормальних зерен у відходи чи навпаки	Невірно вибраний кут нахилу кузова Недовантажена машина	Вибрати кут нахилу Довантажити машину або зачинити частину каналів
Зниження ефективності очищення	Послаблення ременів Недовантажена чи перевантажена машина Невірно вибрані частота коливань кузова або кут його нахилу	Підтягнути ремені Завантажити машину Вибрати частоту та кут
Витікання мастила з підшипників вузлів	Знос сальників	Замінити сальники

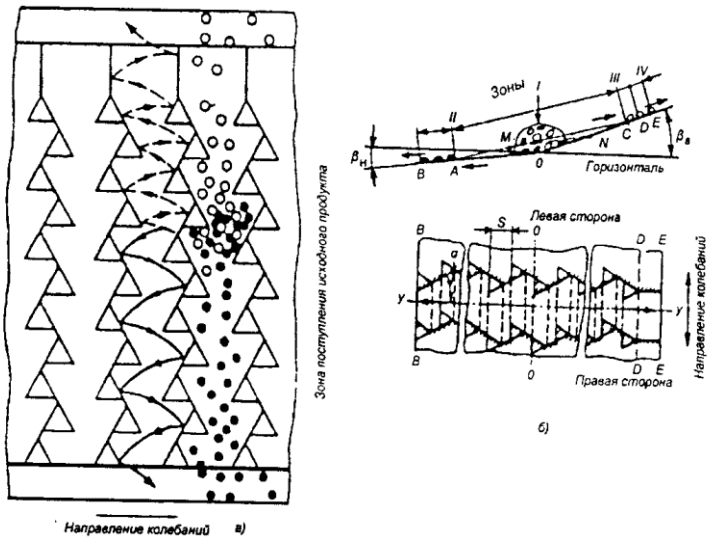


Рис. 9.23. Схема сортувального стола падді-машини:

а – схема розміщення каналів; *б* – робочий канал; *I* – зона сепарування; *II*, *III*, *IV* – зони відвода фракцій

Контрольні запитання

1. Назвіть класифікацію машин та обладнання, які застосовуються для сортування та збагачення сипких продуктів.
2. Якими показниками оцінюють технологічну ефективність сортування?
3. Як встроєні і які функції виконують двері розсійника?
4. Який пристрій і принцип дії розсійника?
5. Чим визначається радіус траєкторії коливання розсійника і від чого він залежить?
6. Які фактори впливають на продуктивність і ефективність роботи розсійника?
7. Як проводиться балансировка розсійника?
8. В чому складається суть процесу збагачення в ситовійній машині?
9. Як регулюють повітряний режим в ситовійній машині?
10. Який вплив на процес збагачення в ситовійній машині виконує кут направлення коливань? Як його регулюють?
11. Яка будова і принцип дії ситовійної машини?
12. Який принцип розділення зернової суміші по довжині?
13. Яка будова падді-машин і що вони виконують?
14. Назвати основні недоліки в роботі падді-машин.
15. Для чого призначаються крупосортувальні машини?

РОЗДІЛ 10
МАШИНИ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПАКУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ ПЕРЕРОБОТКИ ЗЕРНА І КРУП

10.1. Класифікація машин і обладнання

Розвиток і вдосконалення технології і обладнання для переробки зерна потребує розробки і освоєння сучасних технічних засобів вибою і пакування готової продукції.

Це, перш за все, виробництво компактних пристроїв для вибою готової продукції у тканині та пропіленові мішки з зшиванням їх на стаціонарних чи ручних мішкозшивальних машинах.

Більша частина готової продукції на млинах та крупозаводах відвантажується затареною у мішки і лише деякі підприємства встановлюють автомати для пакування борошна і крупи в споживчу тару. Крупа зазвичай фасується на рукавних автоматах у поліетиленову або поліетелен-целофанову плівку і інші дубльовані полімерні матеріали масою 0,5 кг і 1 кг. Борошно фасується більшою частиною на напівавтоматах чи вручну в паперові готові пакети масою 2 кг. На комбікормових підприємствах готова продукція відвантажується насипом на автотранспорт або завантажується в мішки (на підприємствах малого виробництва 1,0 - 2,0 т / г).

10.2. Бункери - накопичувачі продуктів переробки

Бункери для зберігання зернової сировини. Обов'язковим елементом виробничо-технологічних лабораторій комбікормових заводів являються бункери для приймання, зберігання і подачі вихідної сировини і готового продукту в транспортні засоби і транспортуючі пристрої. Вони бувають різної ємності і конструкції.

Для зберігання зернової сировини використовують циліндричні бункера із металу (частіше сталі) радіальною подачею повітря (таб.10.1.). Всередині бункера (по центру) вертикально встановлений циліндричний канал, стінки якого, так же як і самого бункера, мають штамповані отвори для проходу повітря. Повітря, що нагнітається за допомогою вентилятора поступає в канал (внутрішній циліндр), з

нього попадає в зернову масу і виходить через перфоровані стінки зовні. Всередині повітрерозподільчого каналу є запірний поршень, що переміщується і який забезпечує рівномірний розподіл повітря в зерновій масі. (рис. 10.1.)

Таблиця 10.1.

Техніко-економічні показники вентильованих бункерів

Показники	Марка бункера		
	К-873	БВ 25	БВ-40
Ємкість бункера, $м^3$	39,0	37,0	54,0
Те ж, по пшениці, т	29,0	25,0	40,0
Діаметр бункера, м	3,0	зд	зд
Загальна висота, м	8,14	8,5	11,0
Необхідна потужність вентилятора і повітрепідігрівача, кВт	25,5	35,0	64,0
Подача повітря, $м^3$/год	1600	-	-
Маса бункера, т	2,150	2,3	2,6

Бункери такого типу оснащені електричними повітрепідігрівачами. При необхідності сушіння зернової маси їх включають на потрібний час. Після сушіння зернову масу охолоджують. Завантаження бункерів зерном відбувається норіями, а розвантаження – самопливом.

Із трубних установок у господарствах можна ще зустріти пересувні трубні установки (ПВУ-1). Занурення труб (діаметром 102 мм) в насип зерна і видалення їх звідти відбувається електровібромолотом. На верхню частину труби надівають вентилятор, який подає за годину до 550$м^3$ повітря.

На рис. 10.1 приведені основні способи вентилювання бункерів.

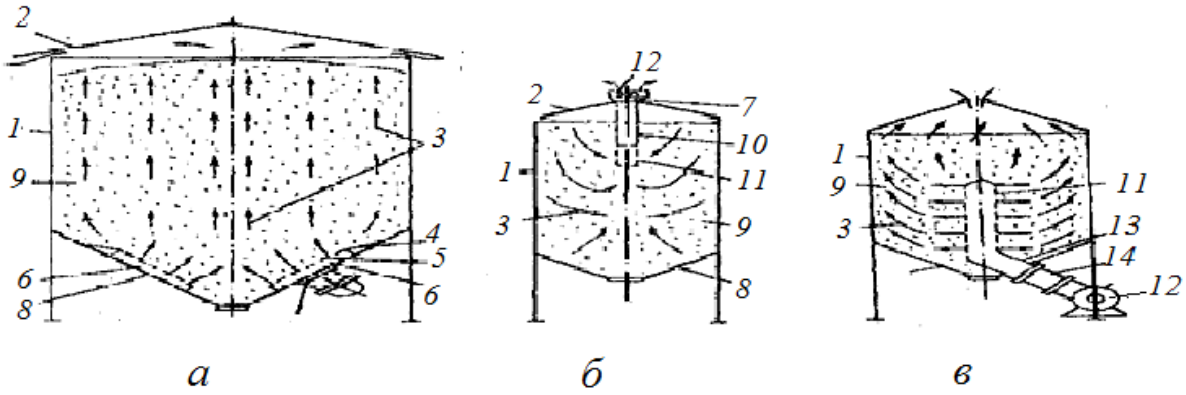


Рис. 10.1. Схема вентилювання бункерів:

а – з аероднищем; *б* – з подачею повітря по всьому контуру днища і стін; *в* – з подачею повітря через центральний канал; *1* – корпус; *2* – кришки; *3* – напрям руху повітря; *4* – ущільнення; *5*, *8* – днище; *6* – напірна камера; *7* – патрубок; *9* – зерно; *10* – повітропровід; *11* – перфорований повітропровід; *12* – вентилятор; *13* – напірний повітропровід; *14* – гнучкий рукав

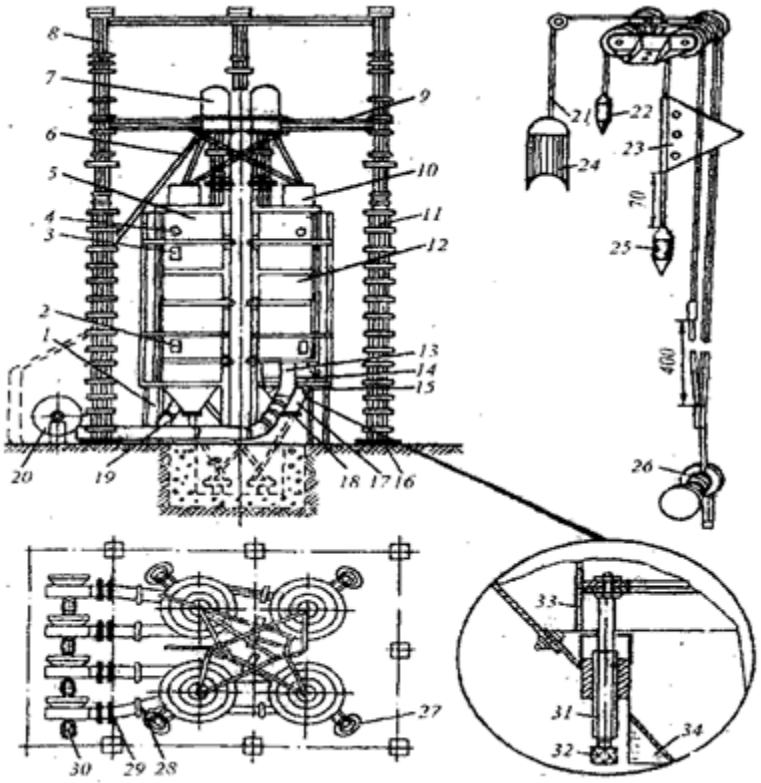


Рис. 10.2. Відділення бункерів активного вентилювання типа ОВБ-160:

1 – опори бункерів; *2* – вологорегулятор; *3* – пробовідбірник; *4* – датчик рівня зерна в бункері*; 5, 12* – бункери; *6* – спускний лоток; *7* – норія; *8*, *9*, *11* – колони споруди; *10* – кожух; *13* – труба; *14* – розтяжка; *15* – основа бункера; *16* – підп'ятник бункера; *17* – зворотний конус; *18* – шибер; *19* – стяжка; *20* – вентилятор; *21*, *22*, *23*, *24*, *25*, *26* – деталі і вузли клапанного пристрою; *27* – драбина; *28* – гнучкий рукав; *29* – електрокалорифер; *30* – електродвигун; *31* – шкала

Бункери для зберігання комбікормів. Для зберігання на тваринницьких фермах на протязі до 1 місяця і тимчасового зберігання в умовах кормоцехів для виробництва комбікормів достатньо широко застосовуються бункерні сховища. В табл.10.2. приведена технічна характеристика бункерних сховищ.

Бункер БСК-10 виконаний у виді куба, який переходить в нижній частині в прямокутну усікаючу піраміду, яка закінчується приймальником розвантажного спірального транспортера. Спіраль приводиться від електродвигуна через клинопасову передачу.

Стіни бункера складаються із окремих щитів, які з'єднані болтами з гайками. Зверху бункер закритий кришкою.

Бункер БСК-25 в порівнянні з бункером БСК-10 представляє собою циліндричну ємність з датчиками верхнього і нижнього рівнів. Зверху бункер обладнаний конічною кришкою. Нижня конічна частина бункера виконана із чотирьох прямокутних і чотирьох клиновидних листів. В одному із прямокутних листів є отвори, в яких встановлені датчики рівня корму. Конічна частина закінчується рамкою для кріплення двох приймальників.

Таблиця 10.2.

Технічні характеристики бункерів

Показник	БСК-10	БСК-25	БСК-25.01	Б-6
Ємність, $м^3$	10	25	25	6,5
Встановлена потужність, кВт	0,55	1,5	2,2	0,4
Продуктивність вивантажного транспортера при об'ємній масі корму 0,55т/$м^3$, т/год	2,1	6	15	2
Довжина спірального	5;10	5;10	5	-

транспортера, м				
Габарити бункера, мм: довжина (діаметр) ширина висота	 1960 1960 5020	 2300 - 8055	 2200 - 8055	 1700 1700 5340
Маса, кг	750	1195	1273	44

До кожного із приймальників приєднані дві спіралі транспортера для розвантаження корму.

У верхній частині встановлений укажчик корму, який складається із діафрагми і сигнального прапорця. При заповненні бункера кормом діафрагма перемішується і при своєму русі вивільнює прапорець, він падає. Дві спіралі приводяться в обертання від одного електродвигуна.

Бункер сухих кормів Б-6 призначений для зберігання комбікормів з рецептурними добавками і механічною подачею в приміщення кормоцеху або пташника.

Складається із зрізаного конуса і з’єднаного з ним круглого циліндра, виконаного із гофрованої оцинкованої сталі. Верхня частина бункера закрита, нижня частина обладнана люком з видвижною заслінкою і боковим отвором для розвантажувального шнеку.

Транспортер бункера – шнекового типу, з електроприводом. Привід шнека здійснюється клинопасовою передачею. Встановлюють бункер зовні будови на фундаменті, за допомогою направляючих стійок-кутників.

Технологічний процес. Комбікорми-концентрати завантажують в бункер за допомогою завантажувачів сухих кормів (ЗСК-10 або ЗСК-15). При включенні електроприводу витки шнекового транспортера забирають корми із бункера і подають їх в бункери дозаторів або безпосередньо в змішувачі.

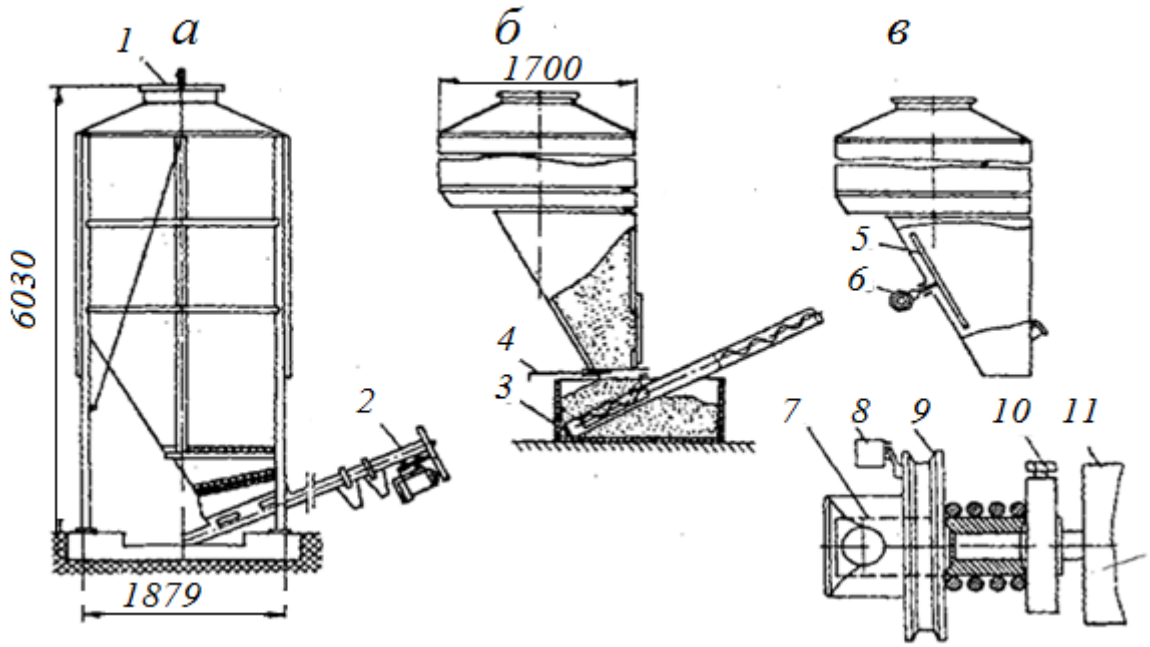


Рис. 10.3. Сховище бункерного типу для комбікормів:

а – бункер БСК-10; *б* – модернізація бункера Б-6 у варіанті з виносним шнеком; *в* – варіант бункера Б-6 з вібраційним зводообрушувачем: *1* – завантажувальна горловина; *2* – вивантажувальний спіральний транспортер; *3* – ящик; *4* – заслінка; *5* – пластина; *6* – вібратор; *7* – втулка; *8* – мікровимикач; *9* – шків; *10* – стопорна шайба; *11* – шнек

10.3. Дозувальні пристрої

Особливості процесу дозування і класифікація дозаторів. Завершальним етапом борошномельного і круп'яного виробництв є дозування і фасування борошна і крупу у мішки та більш мілку тару (пакети) для масового споживача. В схемі виробництва комбікормів дозування займає проміжне місце між сукупністю різноманітних технологічних процесів підготовки компонентів і завершальними операціями виробництва – змішуванням, екструдуванням, гранулюванням і дозуванням готової продукції. Особливо високі вимоги висувають до точності дозування мікродобавок при виготовленні премісів, БВД, різних видів комбікормів. Дозування може бути безперервним і порційним. Порційне дозування застосовують при фасувальних операціях. За принципом дозування всі

дозувальні пристрої поділяють на об’ємні й вагові, за рівнем автоматизації – на дозатори з ручним керуванням, механізовані та автоматичні.

Принцип дії об’ємних дозаторів заснований на безперервному або порційному вимірюванні об’єму продукту. За конструкцією об’ємні дозатори безперервної дії поділяють на барабанні, тарілчасті, стрічкові, гвинтові й вібраційні (рис. 10.4). Перевагами об’ємних дозаторів є відносна простота конструкцій і обслуговування, висока надійність. Основні їх вади – невисока точність вимірювань, особливо при дозуванні сипких продуктів малими порціями.

Ваговий (гравітаційний) метод дозування застосовується для визначення маси порцій (доз) сипких і рідких продуктів, а також штучних виробів за допомогою зважування, тобто з використанням ефекту гравітаційних сил, діючих на ці продукти і вироби.

Вагові дозатори за принципом дії поділяють на важільно-механічні, пружинні і електромеханічні.

У важільно-механічних дозаторах сили тяжіння зважуваного продукту врівноважуються за допомогою ланок кінематичнозв’язаних вагових важелів (коромисло, важіль, квадрат тощо) з вантажем (гирею), що беруть участь в урівноваженні сили тяжіння зважуваного продукту і передачі виникаючих при цьому зусиль.

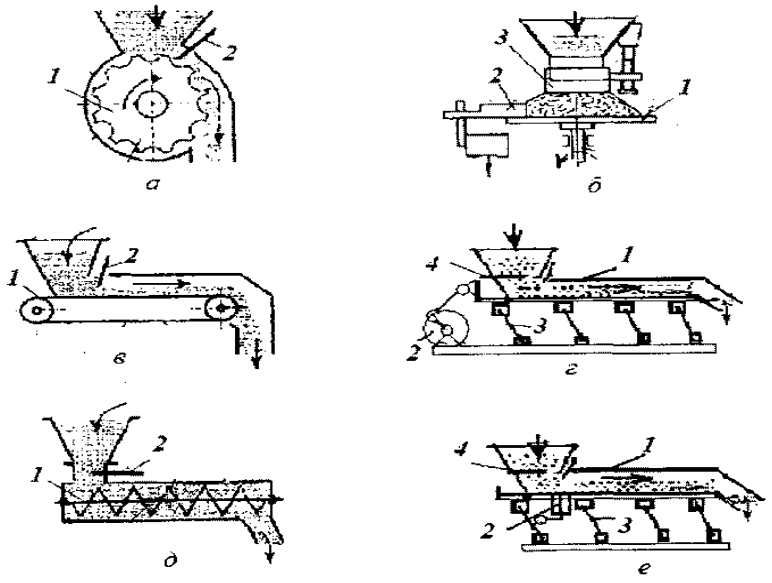


Рис. 10.4. Схеми дозаторів:

а – барабанний: *1* – барабан; *2* – скребок для зняття залишку продукту; *б* – тарілчастий: *1* – диск; *2* – скребок; *3* – манжета; *в* – стрічковий: *1* – стрічка; *2* – скребок;; *г*, *е* – вібраційні: *1* – грохот; *2* – механізм збурення коливань; *3* – пружини; *4* – скребок; *д* – гвинтовий: *1* – гвинт; *2* – заслінка

У пружинних дозаторах урівноваження сили тяжіння зважуваного продукту досягається за допомогою пружинного динамометра (плоскої або витої пружини, торсіона тощо).

Електромеханічні дозатори мають принцип дії, заснований на перетворенні механічних деформацій, швидкості руху або інших кінематичних характеристик, чутливого елементу вимірювального перетворювача від дії сили тяжіння зважуваного продукту. Основними (первинними) перетворювачами цих дозаторів є тензометричні мости з резисторів, магнітоелектричні і частотно-імпульсні датчики.

Найпоширенішими з перелічених є тензометричні первинні перетворювачі на базі резисторів – чутливих елементів, що змінюють під дією прикладеної сили електричний опір. Переваги цих перетворювачів – висока чутливість, лінійність характеристики в заданому інтервалі зважування, стійкість до ударних навантажень, технологічність при виготовленні. Основний недолік – істотна залежність їх властивостей від температури, що зумовлює застосовувати складні автоматизовані термокомпенсаційні системи.

Магнітоелектричні перетворювачі засновані на компенсації маси вимірюваного об’єкту магнітоелектричною силою системи автоматичного урівноваження. Характеризуються високими метрологічними властивостями. Але у зв’язку з чутливістю до вібрації застосовують тільки в лабораторних вагах.

Частотно-імпульсні перетворювачі містять вібраційні датчики сили з частотно-імпульсним виходом. Переваги таких датчиків: наявність частотного вихідного сигналу, висока чутливість і температури і стабільність, недоліки – значна нелінійність і чутливість до динамічних навантажень, що обмежує їх застосування.

При виборі типу дозатора потрібно враховувати насамперед фізико-механічні і гранулометричні властивості продуктів та умови їх

роботи: розміри часточок, їх густину і сипкість, вологість, злежуваність, можливість утворювати грудки (для сипких продуктів); дії на дозатори зовнішніх факторів.

Об'ємні дозатори. Барабанні дозатори. Барабанні дозатори застосовують з циліндричними гладенькими, призматичними та чарунковими барабанами.

Циліндричні гладенькі та з дрібними рифлями і чарунками барабани застосовують для дозування порошкоподібних і дрібнозернистих продуктів, призматичні барабани і лопатеві – для дрібно- і середньокускових продуктів.

На комбікормових лініях поширений барабанний дозатор ДП-1 (рис. 10.5). Він складається з корпусу *1*, чарункового барабана *2*, активатора *3*, приводу та інших вузлів.

Дозатор кріплять до вихідної горловини кожного бункера з компонентом сировини. Букери з дозаторами ставлять в одну лінію, так як вони приводяться в дію від загального привідного вала *6*. Опори *7* вала – рознімні, прикріплені болтами знизу до корпусу дозатора. Барабан по довжині поділено на шість секцій, в кожній шість чарунків.

Секції зміщені між собою на кут 10° по гвинтовій лінії. Така конструкція забезпечує рівномірне навантаження барабана. Лопатевий активатор *3* служить для рівномірного заповнення продуктом чарунків барабана і для того, щоб не утворювались склепіння з продукту на виході з бункера.

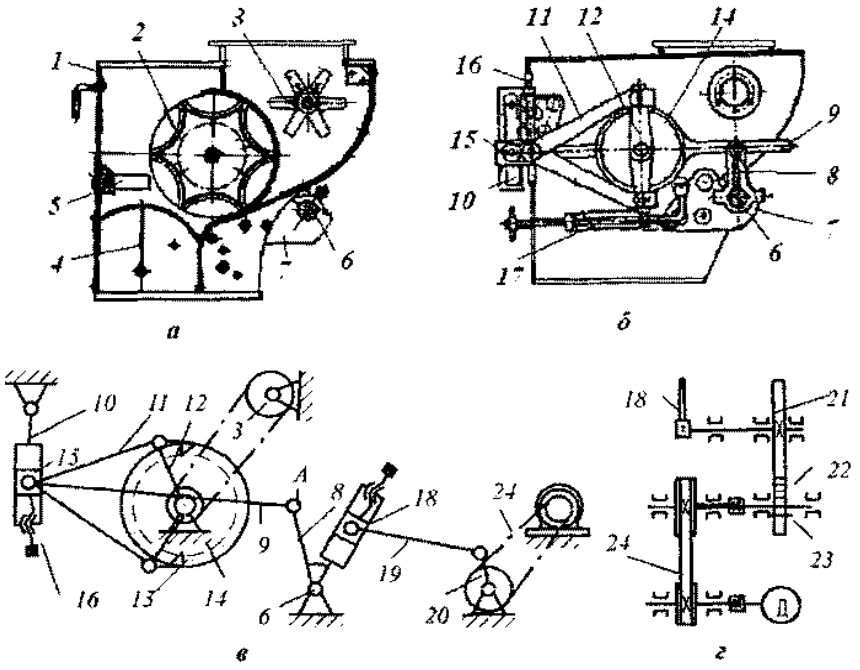


Рис. 10.5. Барабанний дозатор:

а – поперечний переріз; *б* – загальний вигляд приводу; *в*, *г* – кінематична схема; *1* – корпус; *2* – барабан; *3* – активатор;*4* – клапан; *5* – магнітний уловлювач; *6* – привідний вал; *7* – опора; *8*, *10*, *12*, *18* – коромисла; *9*, *11*, *19* – шатуни; *13* – собачка;*14* – храпове колесо; *15*, *17* – повзуни; *16* – гвинт; *20* – кривошип; *21*, *22*, *23* – зубчаста передача; *24* – пасова передача

У вихідній горловині дозатора розміщено клапан *4* з рукояткою для ручного управління. Поворотом рукоятки з клапаном змінюють напрямок руху продукту до лицьової стінки з дверцями для зручного відбору проби. Вище клапана на дверцях корпусу розміщено магнітний уловлювач *5* з постійними магнітами.

Привідний механізм барабанного дозатора (рис. 10.5, *б* - *г*) дозволяє в широких межах змінювати швидкість барабана, а отже, і продуктивність дозатора. Він складається з коромисло-шатунного механізму з ведучим *8* і веденим *10* коромислами та шатуном *9* та важільно-храпового механізму з шатунами *11*, коромислами *12*, собачками *13* і храповим колесом *14*, що приводить в дію дозувальний барабан *2*. При незмінних геометричних параметрах цього механізму, швидкість храпового колеса *14* і барабана *2*, а отже, і продуктивність

дозатора, залежать тільки від кутової швидкості коромисла *8* з валом *6*. Цю швидкість змінюють за допомогою кривошипно-коромислового механізму (рис.10.5, *в*), коромисло *18* якого закріплено на загальному валу *6* привода, а кривошип *20* приводиться в рух від двигуна пасовою *24* та зубчастою *21*, *22* передачами.

Швидкість вала *6* регулюють зміною довжини коромисла *18*, при цьому синхронно змінюється кут повороту і швидкість коромисла *8*, переміщення шатунів *11* з собачками *13* і, відповідно, кутова швидкість храпового колеса з барабаном та продуктивність дозувальних барабанів всієї групи дозаторів.

Регулювання продуктивності окремого дозатора групи роблять зміною довжини коромисла *10*. Для цього гвинтом *16* наближають повзун *15* з шарнірами шатунів до осі обертання коромисла або віддаляють від неї і фіксують його в новому положенні. Відповідно змінюється довжина коромисла, і відповідно, переміщення і швидкість головок шатунів *11* з собачками *13*, швидкість руху храпового колеса з барабаном та продуктивність дозатора. Для зручності регулювання на лицьовій стороні коромисла *10* є шкала (на рис.10.5. не показана).

В конструкції дозатора є пристрій для вимикання його з роботи на ходу, не зупиняючи роботу інших дозаторів. Він складається з повзуна *17* (рис.10.5., *б*) з рукояткою і роликом на кінцях. Ролик впирається знизу в шатун *9*. Рукояткою переміщають повзун з роликом в сторону храпового колеса і розмикають шарнір А, барабан дозатора зупиняється.

Привідний механізм вала *6* оснащено пристроєм розчеплення коліс, яким виводять із зачеплення шестерню *22* (рис.10.5, *г*) і вимикають з роботи всі дозатори групи.

10.4. Масовимірювальні пристрої

Вагові дозатори. Важільно-механічний дозатор (рис.10.6, *а*) складається з бункера *2*, важільного механізму з циферблатним покажчиком *13*. На призмах малого плеча важеля *4* підвішений бункер *2* з дном *3*, що відкривається. Довге плече за допомогою тяг *6*, *12* і проміжного важеля *7* шарнірно зв’язано зі стрілкою циферблата, на

якому встановлені датчики *10* і *11* грубої та точної маси, датчик *9* нульового положення стрілки *8*. На другому плечі розташована також противага *5*.

Управління живильником *1* і виконавчим механізмом відкриття дна бункера проводиться за сигнальними датчиками *9* і *11*. При увімкнені дозатора починає працювати живильник за номінальною продуктивністю. У міру заповнення бункера стрілка *8*, переміщаючись по циферблату, досягає датчика *10* грубого зважування маси, який переводить живильник в режим малої продуктивності – досипання. По досягненню точної маси датчик *11* дає команду на виключення живильника і відкриття дна бункера. Датчики *10* і *11*, зв'язані між собою, можуть переміщатися уздовж циферблата, тим самим забезпечуючи необхідну величину дози продукту. Якщо замість бункера встановити бак з електромагнітним або пневматичним клапаном, а живлення здійснити насосом, то даний дозатор можна використовувати для рідких продуктів.

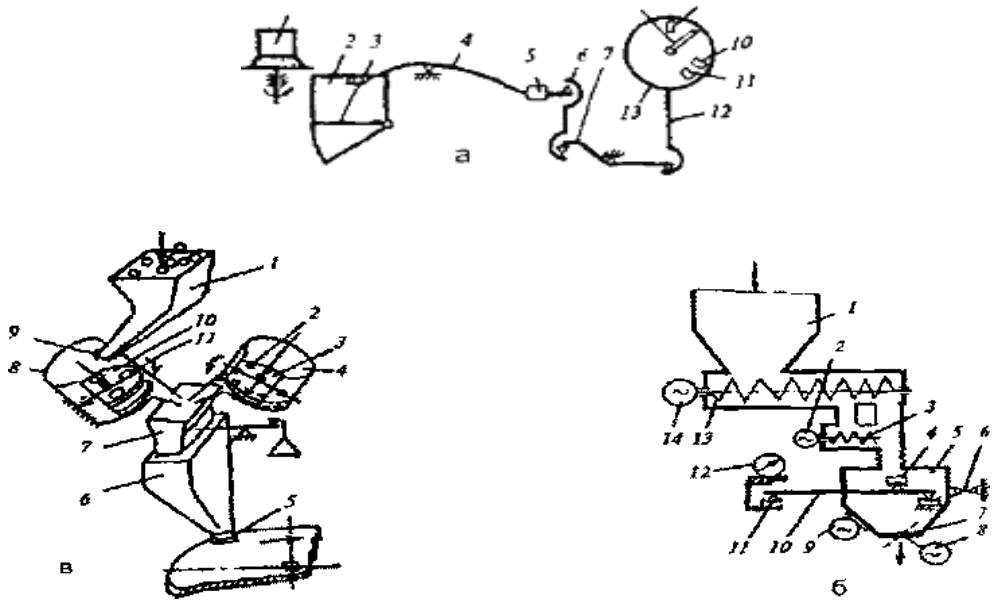


Рис.10.6. Принципові схеми вагових дозаторів важільно-механічних дозаторів:

а – з циферблатним покажчиком; *б* – з квадрантним силовимірювальним покажчиком; *в* – з роторними живильниками; *г* – лінійно-вібраційний

Для дозування сипких дрібних продуктів (борошно тощо) застосовується ваговий дозатор з квадрантним силовимірювальним покажчиком (рис.10.6, *б*). У його склад входять приймальний бункер *1*, гвинтовий живильник *13* з приводом *14* і ваговий бункер *5*. Бункер підвішується до важеля *10* вагової системи за допомогою двох діаметрально розташованих опор *4*. Для зменшення амплітуди гойдання бункер кріпиться в третій точці до нерухомої опори за допомогою струни *6*. Покажчик циферблата *12* передає результати вимірювань покажчику, змонтованому на окремій колонці, яку можна встановити в будь-якому місці, зручному для спостереження.

На ваговому важелі змонтовано п’ять призм *11*. Дві з них є віссю повороту важеля. Вони закріплені нерухомо на подушках несучої рами дозатора. На двох інших призмах підвішений ваговий бункер, а п’ята призма служить опорою вагового важеля з тягою покажчика циферблата, який також розташований на несучій рамі.

Дозатор оснащено установкою досипання, яка складається з гвинтового живильника *3* з приводом *2*, що включає електродвигун і редуктор. Знизу бункер *5* має поворотну заслінку *7*, яка приводиться в рух поворотним механізмом *8*. Руйнування злежування і повне вивантаження відміряної дози забезпечуються вібратором *9*, який розташований на конічній поверхні бункера і включається синхронно із заслінкою *7*.

При роботі дозатора сипкий продукт з приймального бункера *7* у ваговий бункер *5* подається гвинтовим живильником *13*. Для підвищення точності дозування використовується установка досипання, яка заповнює ваговий бункер частиною заданої дози продукту (15...20 %) при зниженій продуктивності гвинтового живильника. Після набору необхідної дози заслінка 7 відкривається, і продукт транспортується на упаковку.

Спрощена технологічна схема вагового електротензометричного дозатора показана на рис.10.6 (*а*). Бункер для зважування *2* закріплений на пружній балці *4*, на поверхню якої приклеєні тензометричні датчики *3*. При роботі дозатора продукт гвинтовим дозатором *1* завантажується у бункер *2*. Сила тяжіння продукту викликає деформацію балки *4*, що приводить до зміни опору тензорезисторів *5* та сили струму в електричному ланцюгу їх

живлення. Коли доза продукту у бункері досягає заданої величини, електричний сигнал резисторів приводить в дію виконавчий механізм розкриття стулок рухомого днища бункера і відміряна доза вивантажується в ківш *5*.

На рис.10.7 (*б*) показана структурна схема автоматизації дозатора, яка складається з тензометричного датчика, підсилювача ТУ, блока управління БУ із датчиком відмірюваної дози і блока реєстрації БР, забезпечуючого контроль і облік витрати продукції.

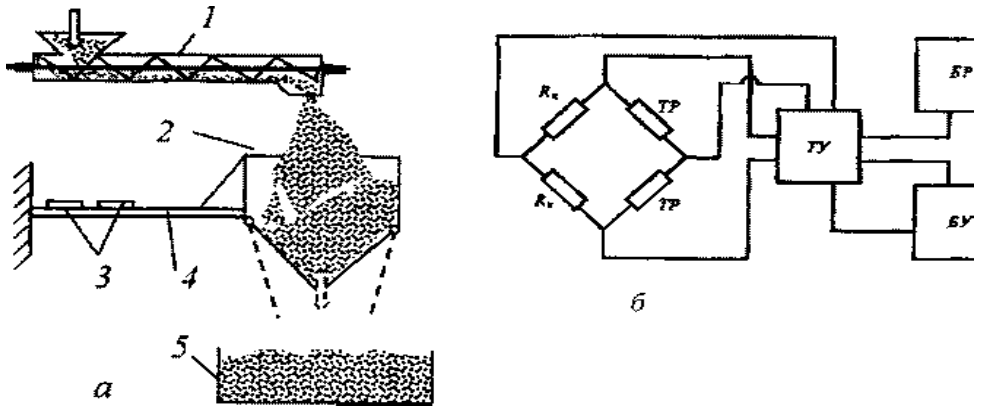


Рис. 10.7. Технологічна схема дозатора (*а*) і структурна схема його автоматизації (*б*):

1 – гвинтовий дозатор; *2* – бункер для зважування продукту; *3* – тензометричні датчики; *4* – пружна балка; *5* – ківш для зваженого продукту

Тензометричний датчик є вимірювальним мостом, зібраним з чотирьох резисторів, два з яких є робочими (ТР), а два інших (КК) – термокомпенсаційні. Дротяні резистори наклеюють до поверхні деталі, яка під час зважування деформується. Дріт резистора також деформується, змінюється його електричний опір, а отже і струм, що йде через цей дріт. Зміна струму реєструється відповідними приладами.

Зміна опору дроту (Ом) тензорезистора і відносна деформація деталі при одноосній напрузі у області пружних деформацій знаходяться в залежності:

$$\Delta R = R\frac{\sigma}{E}\,k, \qquad (10.1)$$

де: R – початковий опір дроту тензорезистора, Ом;

E – модуль пружності матеріалу деталі, Па;

σ – напруга в пружній деталі, Па;

k – коефіцієнт тензочутливості тензодатчика

Коефіцієнт тензочутливості дротяних тензодатчиків з базою від 5 до 20 мм знаходиться в межах від 1,85 до 2Д.

Нижче описані вагові дозатори, що поширені на переробних сільськогосподарських виробництвах.

Ваговий тензометричний дозатор типу Д-50Ш (рис.10.8.) застосовується для дозування, фасування в паперові готові пакети борошна та інших пилоподібних продуктів.

Він забезпечує високоточне дозування маси дози в пакети різної місткості та здійснює накопичувальний облік дозованого продукту за зміну, добу, місяць і працює як в безперервному режимі, так і в режимі фасування заданої кількості доз.

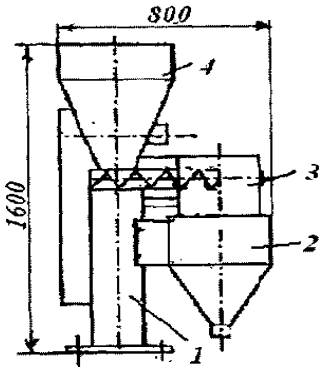


Рис.10.8. Дозатор Д-50Ш-БП:

1 – рама; *2* – дозувальний бункер; *3* – дозатор; *4* – завантажувальний бункер

Маса дози, режим дозування, інші змінні параметри задаються оператором з клавіатури мікропроцесорного пульта керування або комп'ютера мережі АСУТП. За окремим замовленням дозатор комплектується підставкою для мішків, накопичувальним бункером, мішкозашивною машиною та відвідним конвеєром.

Дозатор Д-50Ш-Б призначений для підсумкового обліку маси, забезпечення необхідної рівномірності подачі (витрат), а також автоматичного дозування борошна, висівок, комбікормів, інших

пилоподібних та дрібнодисперсних продуктів. Дозатор веде облік маси зважених або дозованих продуктів. Він може працювати як автономно, так і к складі комп'ютеризованої АСУ ТП підприємства.

Тензометричні бункерні облікові ваги В70Г-БУ25, В-2201 БУ100 (рис. 10.9.) застосовують для зважування в безперервному потоці, відпуску потрібної маси та підсумкового обліку зернових та інших сипких матеріалів (зерна, борошна, крупи, макухи, гранульованих комбікормів). Маса порції продукту завдається оператором з клавіатури електронного пульта керування ваги, або з пульта керування АСУТП підприємства. Ведеться в автоматичному режимі облік зваженого продукту за довільний період часу.

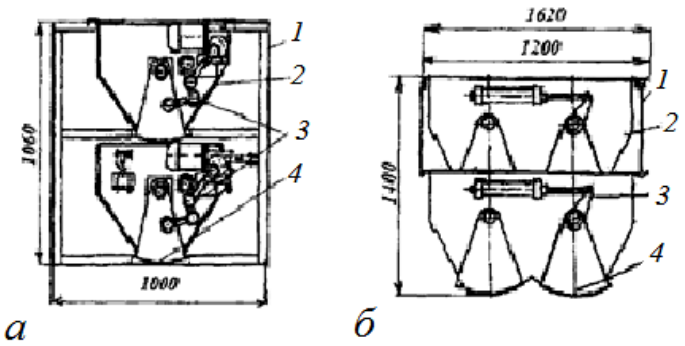


Рис. 10.9. Тензометричні бункерні облікові ваги:

а – В70Г-БУ25 з електроприводом заслінок; *б* – В-220Г-БУ100 з пневмоприводом: *1* – рама; *2* – бункер; *3* – механізм управління заслінками; *4* – заслінки

Таблиця 10.3

Технічна характеристика автоматичних дозаторів і ваг

Показники	Модель				
	Д-5Ш-БП	Д-50Ш-М	Д-50Ш-Б	В70Г-БУ25	В-220Г-БУ100
Маса дози, кг	0,4...5,0	10...70	15...50		
Продуктивність, доз/хв	до 12	ДО 6 т/год	ДО 8 т/год	до 25 т/год	до 100 т/год.
Похибка дозування, кг	0,01	0,25	0,01	од	од
Електроживлен-	0,8 кВА	1,5 кВА	1,5 кВА	0,9 кВА	0,07 кВА

ня					
Габарити розміри, мм:	1600×800×800	1240×870×1870	1460×900×980	800×1000×1060	1620×1020××1400
Маса, кг	110	160	130	180	180

На комплексних млинах і крупозаводах що виробляють до 15 т/доб: вибій готової продукції, як правило, здійснюється вручну в мішок, який навішується за допомогою мішкотримача на вибійний бункер. Із збільшенням виробництва 20-30 т/доб і вище трудоємкісті цих операцій суттєво збільшується і механізовані вагововибійні установки стають економічно вигідні і підвищуючи загально-технічний рівень підприємства.

Серед спеціалізованих підприємств, що випускають вагововибійні установки та вагові дозатори різноманітного призначення, добре відомі об’єднання «Темзо-М» Московська область і об’єднання «Веда», м.Київ.

10.5. Масовибійні машини

Вагововибійні дозатори «Дельта» (рис. 10.10). Родина дозаторів «Дельта», які серійно випускаються включає три типи дозаторів («Дельта», «Дельта-Т», «Дельта-С») різноманітного конструктивного виконання, узагальнюючою ознакою яких є дозування продукту безпосередньо в тарний мішок *5*, закріплений на вагоприймальному устрої *10*. У зв’язку з тим, що мішок з продуктом підвішений до конструкції через ваговимірювальні тензодатчики, на даному типі дозатору не застосовуються пристрої інтенсивного механічного ущільнення продукту із-за можливого пошкодження датчиків.

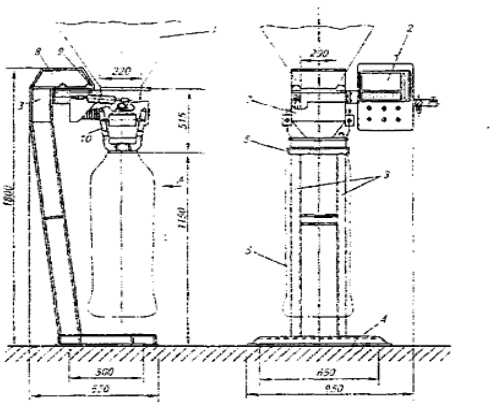


Рис. 10.10. Ваговибійний дозатор «Дельта»

1 – бункер комплектної установки; *2* – пульт керування; *3* – стійки; *4* - основа (рама); *5* – мішок; 6 – мішкотримач; *7* – дозатор; *8* – консоль; *9* – пневмоциліндр; *10* – вагоприймальний пристрій

На рис.10.10 наведений загальний вигляд і габаритні розміри дозатору «Дельта-50», цей тип дозатора є найбільшим простим і дешевим. Він використовується тільки для продуктів з доброю сипкістю (наприклад крупи), дозволяючи забезпечити самопливну подачу.

Принцип дії дозатора заснований на перетворенні сили тяжіння (ваги) продукту, що дозується, в аналоговий сигнал одного ваговимірювального тензорезисторного датчика і наступного аналого-цифрового перетворення і обробки сигналу вторинним перетворювачем, формуючи сигнали управління пневмозаслінкою *9* з видачею результату дозування на табло індикації і вихідні роз’єми для зв’язку з зовнішніми пристроями.

Вантажопідйомний пристрій дозатору має вигляд призматичної воронки з пневмозаслінкою в нижній вузькій частині і вузол кріплення тари з пневмозатискачем, що закріплюється на ваговому пристрої. Ваговий пристрій представляє собою тензорезисторний датчик типу «Т» і вторинний перетворювач (ваговий термінал), який входить до складу шафи управління *2*. Управління дозатором здійснюється за допомогою клавіш на зовнішній панелі вторинного

перетворювача (вторинного терміналу) і кнопок на кришці виносної шафи управління. Ваговий термінал має цифрову ідинтифікацію.

Таблиця 10.4

Основні технічні характеристики дозаторів «Дельта»

Найменші границі дозування, кг:	
“Дельта-25”	10
“Дельта-50”	25
Найбільші границі дозування, кг : “Дельта-25”	25
“Дельта-50”	50
Клас точності дозаторів по ГОСТ 10223-97	0,2
Дискретність підрахунку вагових пристроїв дозаторів, г : “Дельта-25”	5; 10
“Дельта-50”	10;20
Тиск у пневмосистемі, атм	4-6
Розміри дозатора, мм: довжина	500
ширина	500
висота	500
Розміри шафи управління, мм : довжина	600
ширина	400
висота	300
Маса дозатора в зібраному стані, кг	30

Напівавтоматичний ваговибійний прилад АД-50-РКМ-09МБВУ (рис. 10.11), що випускаються об’єднанням «Веда», відрізняється порівнянною простотою і компактністю. Дозатор призначений для обліку і фасування у відкриті тканинні мішки борошна, борошнистих комбікормів та інших аналогічних за фізико-механічними властивостями продуктів з насипною масою 0,3-0,55 т/м^3 і вологістю не більше 15%.

Зважування продукту відбувається разом з мішком. Дозатор обладнаний струшуючим пристроєм для ущільнення продукту у мішку.

В дозаторі використовується принцип автоматичного урівноваження сили ваги продукту, що зважують за допомогою ваг, що розміщуються у ваготримачі. Подача з продукту, що зважують, в мішок прикріплений до вантажоприймальної воронки мішкоприймачем здійснюється шнековим живильником через впускну воронку з секторною заслінкою. Закріплення мішка виконується оператором вручну.

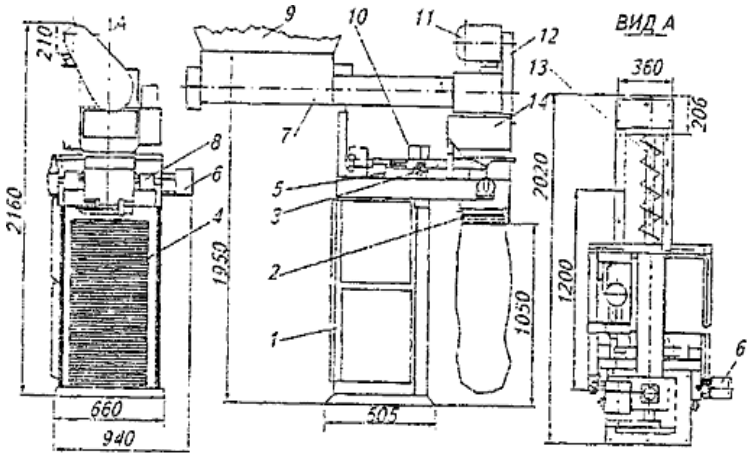


Рис. 10.11. Дозатор ваговий напівавтоматичний АД-50-РКМ-09МБ-ВУ:

1 – корпус; *2* – вантажоприймальна воронка з мішкотримачем; *3* – коромисло; *4* – жалюзійна решітка; *5* – ваготримач; *6* – пульт управління; *7* – живильний пристрій; *8* – струшувач; *9* – вихідний отвір бункеру з продуктом; *10* – зона найбільшого пилення; *11* – привідний електродвигун; *12* – клинопасова передача; *13* – шнек; *14* – завантажувальний бункер

Дозатор призначений для використання у комплекті з млинами або крупозаводами продуктивністю від однієї до двох тон за годину, тобто найбільш розповсюдженими типорозмірами.

Дозатор дискретної дії, стаціонарний, нерівноплечий, вироблений у вигляді корпусу *1*, всередині якого розмішена електрошафа, а у верхній частині основні механізми: коромисло *3*, ваготримач *5*, консольно встановлений мішкотримач *2* з струшувачем *8*, а над ними

завантажувальний бункер *14*. В верхній частині встановлений шнековий живильник *7* з електроприводом *11* і клинопасовою передачею *12*. Аспірація встановлюється в зоні найбільшого запилення *10*.

Крім спеціалізованих підприємств виробництво ваговибійних пристроїв на вагових тензодатчиках спрощеної конструкції почали самі виробники розробляти комплектні пристрої. Так, “Станкинпром”, Прокоп’євський завод “Продмаш”, Могілєв-Подільський машзавод і ряд інших підприємств почали оснащувати млини, що випускають, і крупозаводи з ваговибійними установками власної розробки.

10.6. Установка завантажування мішків УЗМ-2

Установка завантаження мішків УЗМ-2 (рис.10.12) розроблена і виробляється Прокоп’євським заводом “Продмаш” в основному для млинів МАВ-1 та інших.

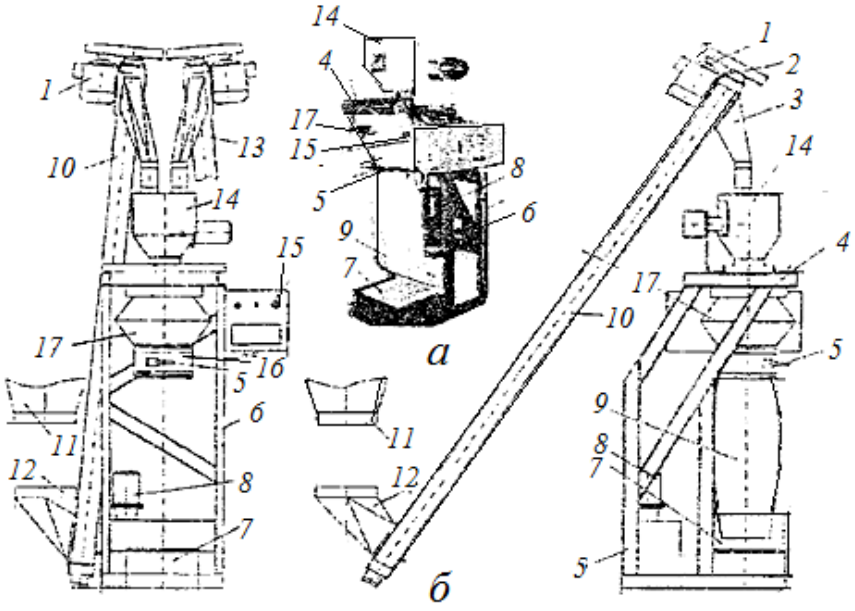


Рис. 10.12. Установка завантаження мішків УЗМ-2:

а – зовнішній вигляд; *б* – устрій; *1* – електродвигун приводу завантажувальних шнеків; *2* – клинопасова передача; *3* – перехідний патрубок; *4* – консоль станини; *5* – мішкотримач; *6* – станина (рама); *7* – механізм струшування; *8* – привід механізму струшування; *9* – мішок; *10* –

шнек грубої передачі; *11* – бункер готової продукції; *12* – приймальний бункер шнека; *13* – шнек тонкої подачі; *14* – живильник тонкої досипки; *15* – пульт управління; *16* – патрубок для встановлення мішка; *17* – блок вагових тензометричних пристроїв

З вибійних бункерів комплектного млина або крупозаводу готова продукція подається в приємні бункери *12* двох шнеків: грубої подачі *10* і тонкої *13*. Шнеки похилого типу з приводом від електродвигуна *1* і клинопасової передачі, змонтованих в верхній частині шнека.

Це рішення не можна визнати вдалим: шнеки великі за розміром, доступ до приводів незручний і завантажувати їх треба одним продуктом. А на кожному млині завантажується, як мінімум, два різних продукти.

Взагалі, ця установка може бути вдосконалена, якщо конструктивно змінити оперативні ємності у млині і подачу в них готового продукту. Живильні шнеки *10*, *13* з'єднані через живильник тонкої досипки *14*, який встановлений на консолі 4 станини *6* з блоком вагових тензодатчиків, які вимірюють задану дозу (частіше за все 50 кг). Блок дозаторів закінчується патрубком *16*, на який одягається мішок *9* і закріплюється мішкотримачем *5*. Після наповнення мішка вмикається привід *8* струшуючого механізму *7*. Розміри пристрою вказані на рис. 10.12. (*б*). Продукт, що знаходиться у мішку, під дією вертикальної вібрації ущільнюється.

Таблиця 10.5

Коротка технічна характеристика пристрою УЗМ-2

Продуктивність, т/год	2
Межі дозування	30 – 100
Похибка дозування, %	0,25
Встановлена потужність *, кВт	3,7 – 5,9
Маса, кг	20

*Залежить від кількості шнеків, що постачаються, число яких узгоджується споживачем.

Ваговибійний пристрій комплектного млина АВМ-2 (рис. 10.13) забезпечує зважування, фасування і пакування готової продукції,

добовий об’єм якої на млині АВМ-2 складає 50 тон. Прилад виділений в окреме приміщення, поділяюча стінка *4*, відділяє його від виробничого приміщення. Готова продукція гвинтовими транспортерами *5*, *7* подається в накопичувальний бункер *6*, з’єднаний перехідником *14* з шнековим живильником *8*, який подає продукт що підлягає завантаженню в завантажувальний ваговий бункер *10*. Головним зважуючим вузлом є блок *9* тензометричних датчиків, який регулюється на чисту вагу продукту у мішку (звичайно 50 кг). При заповненні вагового бункеру на табло з’являється цифрова індикація дози, за допомогою якої контролюється точність зважування. Після набору дози подається сигнал на привід шнекового живильника *2* і подача продукту припиняється. Одночасно подається сигнал для спустошення вагового бункеру у підвішений мішок *12*. Ваговий пристрій монтується на стійці *13*. Мішок струшується і знімається з мішкотримача. Зашивається ручною мішкозашивною машиною, що підвішується поблизу робочого місця вибійника. Також використовується стаціонарна зашивна машина і транспортер для переміщення мішків.

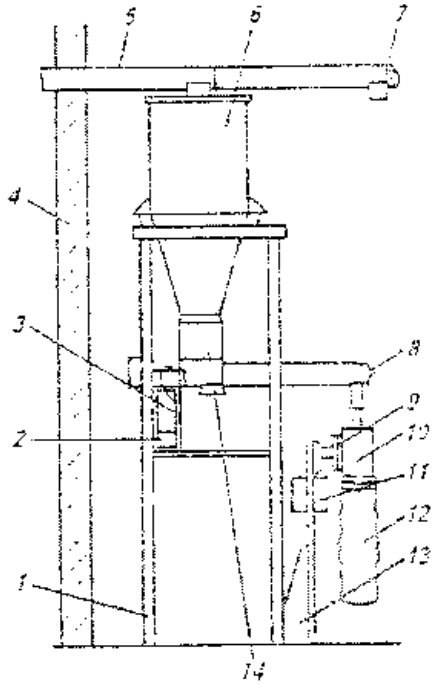


Рис. 10.13. Ваговибійний пристрій комплектного млина АВМ-2:

1 – рама; *2* – привід шнекового живильника; *3* – клинопасова передача; *4* –

поділю вальна стінка; *5*, *7* – гвинтовий транспортер; *6* – накопичувальний бункер; *8* – шнековий живильник; 9 – тензометричний ваговий блок; *10* – завантажувальний ваговий бункер з мішкотримачем; *11* – пульт управління; 12 – мішок, що наповнюється; *13* – стійка вагового пристрою; *14* – перехідник

Пристрій ваговибійний УВВ-2 виробляється об'єднанням «Станкінпром» для комплектних пристроїв «Харківчанка» починаючи із зазначеної кількості виробництва, що згадувались нами на початку розділу. В пристроях малої продуктивності ці операції не механізовані і фасування здійснюється вручну з зашиванням мішків портативними зашивними машинами.

Даний пристрій призначений для накопичення, дозування в тару (мішки), ущільнення, зашивання мішків і транспортування їх в зону передачі на склад готової продукції. Пристрій розрахований на два автономні продукти, що забезпечує зручність її застосування на млинах двохсортового помелу, спрощуючи вибій одного і другого сорту.

Таблиця 10.6

Основні технічні данні ваговибійного пристрою УВВ-2

Ємність бункера-наповнювача, кг	1200
Гранична продуктивність при 50 кг, мішків/год	50
Витрата повітря, $м^3$/год	1500
Встановлена потужність, кВт	5,6
Габаритні розміри, мм	4050×2075×6020

10.7. Мішкозашивні машини

Мішкозашивні машини широко використовуються на зернопереробних підприємствах, реалізаційних базах та інших підприємствах, пов'язаних з фасуванням сипкої продукції тканинні та паперові мішки.

Мішкозашивні машини працюють в комплексі з ваговибійними апаратами та пристроями, закінчуючи цикл фасування.

Довгий час на підприємства хлібопродуктів постачалися машини ЗЗЕМ та ЗЗЕМ-6 з подовженим транспортером. Машини ЗЗЕМ використовують здебільш разом з одноголівочними ваговими дозаторами і ваговибійними пристроями.

Машини ЗЗЕМ оснащувалися швейними голівками Подільського і Полтавського заводів швейних машин класів 38-А і 38-Д і добре відомі спеціалістам галузі хлібопродуктів. На даний момент вони замінені удосконаленою моделлю К4-БУВ, однак для комплектних пристроїв вони порівняно важкі, великі і дорогі.

Окремі вузли і елементи машини К4-БУВ (рис. 10.14) в тому числі, швейні голівки, вузли пристроїв та кріплення, елементи транспортерів та інші, використовується у спрощених ваговибійних розглянутих вище. В цілому мішкозашивні машини не відносяться до складних видів обладнання та можуть використовуватись комплектно або окремими вузлами (наприклад, пристрій швейної голівки) на комплектних пристроях верхнього ряду по потужності, починаючи з 50-60 т/доб.

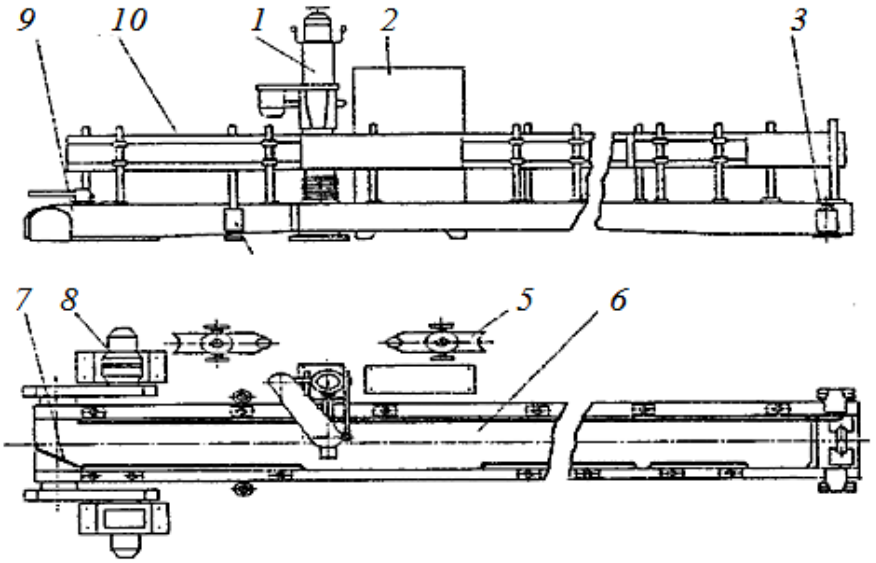


Рис. 10.14. Мішкозашивна машина типу К4-БУВ:

1 – пристрій швейної голівки; *2* – електрошафа; *3*, *4* – опори; *5* – ниткотримач; *6* – транспортер; *7* – захват; *8* – привід; *9* – станина; *10* – направляючі

Мішкозашивна машина К4-БУВ призначена для зашивання тканинних і паперових мішків. Машина може використовуватись для зашивання поліпропіленових мішків, що в останній час дуже розповсюджені. Машини випускаються в двох основних виконаннях, що відрізняються довжиною конвеєра: 3,14 і 5 м (довжина конвеєра вказана між вісями барабанів).

Основним вузлом мішковашивної машини є швейна голівка *1* і конструкція пристрою і припасування її до транспортеру *6*.

Пристрій швейної голівки (рис. 10.15) використовується для закріплення швейної голівки та її регулювання за висотою при зашиванні мішків.

Вона складається з опори *1*, в якій болтами *9* фіксується труба *2*, в залежності від розміру мішків, що зашиваються; кронштейна *4*, закріпленого на трубі *2* болтом *8*; привода *3* швейної голівки *7*; огородження *5*; ниткоспрямовувача *10*; вантажу *12*, що встановлюється на кронштейні.

З'єднання швейної голівки з приводом здійснюється клинопасовою передачею *6*.

Огородження клинопасової передачі має відкидну кришку для повороту маховика головного валу швейної голівки. Швейна голівка кріпиться до плити кронштейну шпильками.

Опора пристрою швейної голівки має отвір для кріплення до фундаменту та до рами транспортера.

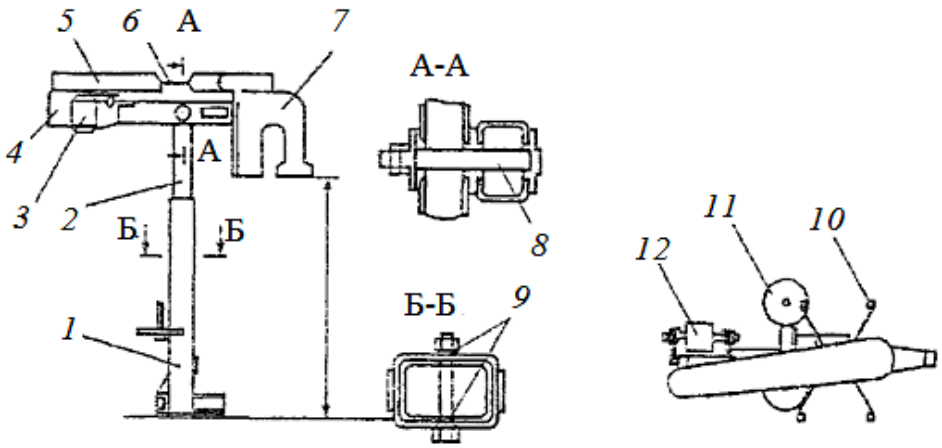


Рис. 10.15. Встановлення швейної голівки машини К4-БУВ:

1 – опора; *2* – труба; *3* – привід; *4* – кронштейн; *5* – огородження; *6* – клинопасова передача; *7* – швейна голівка; *8*, *9* – болти; *10* – ниткоспрямовувачі; *11* – ниткотримач; *12* – вантаж

Транспортер призначений для переміщення мішків, наповнених продуктом, до швейної голівки для зашивання та далі на наступну технологічну операцію. Він виконаний у вигляді провідного та натяжного барабанів, що встановлюються і переміщуються у пазах рами транспортерної стрічки, робоча гілка якої переміщується секціями настилу, а порожня гілка підтримується стяжками з роликами.

Огородження мішків складається з направляючих *10*, зажимів, що встановлюються на стійках. Стійки закріплюються на станині *9* транспортеру хомутами. Огородження, які спрямовують мішки регулюються в залежності від висоти та ширини мішка. Натяг стрічки та регулювання збігу здійснюється натяжними гвинтами. На привідному барабані встановлена зірочка.

Станина *9* транспортеру має отвір для кріплення до фундаменту.

Привід *8* призначений для передачі крутного моменту через ланцюгову передачу від мотора-редуктора привідному барабану транспортеру. Він складається з мотора-редуктора, у вхідному кінці якого встановлена зірочка, кронштейну, закріпленого на рамі транспортеру, огородження, ланцюга і опори, що регулюється.

Електрошафа призначена для розмішена електроапаратури та засобів управління.

На зовнішньому щіті шафи розміщені органи управління з табличками, на яких написані надписи і символи, що відображають функціональне призначення органів керування.

На корпусі шафи встановлений ліхтар, призначений для освітлення підчас заправлення ниток до швейної голівки.

Машини постачаються із швейними голівками для зашивання паперових мішків З8-А, для зашивання тканинних мішків 38-Д. Технічні характеристики швейних голівок приведені у таблиці 10.7.

На машині встановлено наступне обладнання: електродвигун приводу транспортера, електродвигун привода швейної голівки, електромагніт відрізання нитки, кінцевий вмикач швейної голівки. У

шафі встановлений кінцевий вмикач контролю закриття дверей і пускач, який керує подачею напруги до шафи, а також захисна і пускова апаратура.

На зовнішній панелі електрошафи знаходяться кнопки, що керують відповідно рухом транспортеру «Вперед», «Назад» і його зупинкою, пакетний перемикач, що подає напругу до схеми, сигнальна лампа, що контролює наявність напруги.

Для блокування з карусельного пристрою на клемник шафи виведені контакти пускача керування рухом транспортеру «Вперед». В процесі налагодження необхідно відрегулювати натяжні смуги транспортеру пробуксування привідного барабану, збіг смуги з барабанів не допускається. Також необхідно узгодити швидкість смуги зі швидкістю зашивання. При швидкості 0,5 м/с крок стежинки повинен бути 9,5-10,5 мм. Процес зашивання передбачає ручну заправку фальцю (горловини) мішка під лапку швейної голівки. У зв'язку з цим обслуговуючий персонал повинен мати необхідну кваліфікацію. При продуктивності машини 600 мішків/год маса продукту у мішках, які зашиваються повинна складати 50±5 кг.

Дозволяється зашивання мішків з продуктом масою до 100 кг, при цьому продуктивність знижується мінімум на 40%.

Таблиця 10.7

Технічні розміри швейних голівок

Параметри	**Модель**	
	38-А	**38-Д**
Товщина пошиву	Десять шарів крафтцелю-лозного паперу з місцевими стовщеннями до 20 мм	Чотири шари мішковини із льняних, джутових бавов-няних тканин з місцевими стовщеннями до 10 мм
Нитки	№16, бавовняна пряжа	№18, льняна
Підіймання нажимної лапки, мм	12	12
Виліт рукава, мм	140	140
Хід голководія , мм	48	48
Розміри, мм: довжина	390	380

ширина висота	220 380	220 352
Маса, кг	27	25

Перед початком експлуатації машини на ниткотримач встановлюються бабіни з нитками, через ниткотримач нитки підводяться до швейної голівки і заправляються у голку та петлювач; виконується регулювання їх натяжіння.

Марка ниток повинна відповідати вказівкам у розділі технічної характеристики експлуатаційної документації на швейну голівку.

Для зручності роботи рекомендується не заповнювати мішок продуктом вище ніж на 200-250 мм від верхнього краю, смугу зашивання розташувати нижче 30-40 мм від верхнього краю мішку.

Під час роботи необхідно виконувати наступну послідовність вмикання: транспортер мішкозашивної машини, обладнання, яке подає мішки на транспортер мішкозашивної машини.

Вмикання машини відбувається поверненням ручки перемикача з положення «0» в положення «1» і натисканням кнопки «Напруга».

Потім вмикається транспортер. При надходженні мішка до швейної голівки закріплюється його горловина під нажимну лапку і через педальний вмикач вмикається привід швейної голівки, при знятті ноги з педального вмикача привід вимикається. Нитка обрізається за допомогою ножа, встановленого на корпусі швейної голівки.

Зупинка транспортера відбувається кнопкою. Можливе також повернення мішка по транспортеру, що здійснюється відповідною кнопкою керування.

Для аварійної зупинки всієї машини встановлена кнопка з грибоподібним штовхачем «Стоп». Кнопки вмикання приводу транспортером та подачі напруги оснащені сигнальними лампами для контролю.

При експлуатації найбільш часто розрізняють наступні неполадки: проковзування привідного барабану або шківа привода швейної голівки, що свідчить про недостатність напруження смуги і привідного паса відповідно. Зустрічається розсинхронізація швидкості смуги транспортера та швидкості зашивки мішку, що свідчать про

невідрегулоьваність шагу стежинки швейної голівки.

Портативна зашивна машина АН-100. На більшості комплектних зернопереробних пристроях при завантаженні готової продукції механізованим або ручним способом, зашивання мішків відбувається ручними портативними зашивними машинами, як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

Таблиця 10.8

Технічна характеристика мішкозашивної машини К4-БУВ

Продуктивність мішків/год	до 700
Швидкість руху стрічки транспортера (швидкість зашивання), м/с	0,15±0,01
Ширина стрічки транспортеру, мм	400
Довжина транспортеру між центрами барабану, мм: виконання 1 виконання 2	 3400 5000
Клас швейної голівки	38-А; 38-Д
Частота кручення головного валу, об/хв	1500
Крок строчки, мм 6,5-11	6,5 – 11
Характер строчки	двонитковий, ланцюгоподібний
Відстані між мішками, мм	800 – 850
Маса мішків, що зашиваються, кг	до 100
Відстань від краю мішка за лінією зашивання, мм	30 – 40
Потужність електродвигунів, кВт: виконання 1 виконання 2	 0,8 1,35
Розміри, мм:	
довжина (виповнення 1; 2)	3300; 4500
ширина	1350
висота	1800
Маса, кг (виповнення 1, 2)	450; 630

Портативна зашивна машина АН-100. На більшості комплектних зернопереробних пристроях при завантаженні готової продукції механізованим або ручним способом, зашивання мішків відбувається ручними портативними зашивними машинами, як вітчизняного, так і

зарубіжного виробництва.

Машини встановлюють на збалансованому підвісі поблизу вибійних патрубків, що дозволяє зручно та без великих зусиль користуватися зашивною машинкою. Найбільш надійні і не дорогі машинки постачає виробниче об'єднання «Азовський оптико-механічниий завод», що має великий досвід виробництва промислових швейних машин з використанням технології та конструкції японської фірми «Ямато».

Таблиця 10.9

Порівняльна технічна характеристика портативних мішкозашивних машин

Моделі	Країна - виробник	Маса, кг	Потужність, Вт	Швидкість шиття в хв/стежки	Товщина матеріалу, що зшивається, мм	Довжина стежки, мм.
АН-1000 (ПО «АМОЗ»)	Росія	3,8	150	1200-2000	10	8
ГК-3	Китай	4,5	80	800	8	8
ГК-9-2	Китай	4,5	90	1000	8	8
«Омега»	Індія	5,0	90	1000	7	7
«Десон»	Індія	5,0	90	1000	7	7
«Дайча»	Індія	5.0	100	1000	8	9
«Зингер-СБЦ-02»	Німеччина	5,0	90	400	8	7,2

10.8. Фасувально-пакувальні автомати

Фасувально-пакувальні автомати на млинах та крупозаводах малої потужності знаходять ще обмежене застосування. Пояснюється це головним чином порівняно високою вартістю цього обладнання і відповідно довгим строком окупності, що для підприємства з невеликим обсягом і обертом економічно мало привабливе. Але така техніка починає втілюватись.

Більшість малих млинів працюють безпосередньо на хлібопекарні підприємства регіону. У цьому випадку придбання дорогого

пакувального обладнання, навряд буде оправдане. Зрозуміло, що для малих підприємств оснащення високопродуктивними автоматами і смугами з високим рівнем автоматизації всіх операцій недоцільно. Мова може йти про автомати та напівавтомати невеликої продуктивності та вартості, і в основному для підприємств з добовою продуктивністю 30-60 тон.

Ваговий шнековий дозуючий комплекс ВШДК-3000 – комплект обладнання для дозування пилових порошкоподібних продуктів таких як борошно, сухе молоко та інших в готову тару. Дозатор (рис. 10.16) надходить у комплекті з живильником змонтованим на візку *1*. Він включає в себе конусний бункер *3* з похилим шнеком *4*, з підведенням через мотор-редуктор *2*. Шнек живильника через гнучкий елемент *14* з'єднується з бункером *7*. Доза продукту поступає через живильну трубу *9*. Пакет з прямокутним дном встановлюється на майданчику *10*, положення якого за висотою регулюється механізмом переміщення по стійці дозатора *5*. На цій же стійці змонтований блок з бункером-дозатором. Ущільнення пакета з продуктом відбувається на вібраційному столі *11*. Закривання верху пакету відбувається вручну, включає в себе і заклеювання. Керування дозатором відбувається з пульту керування *13*.

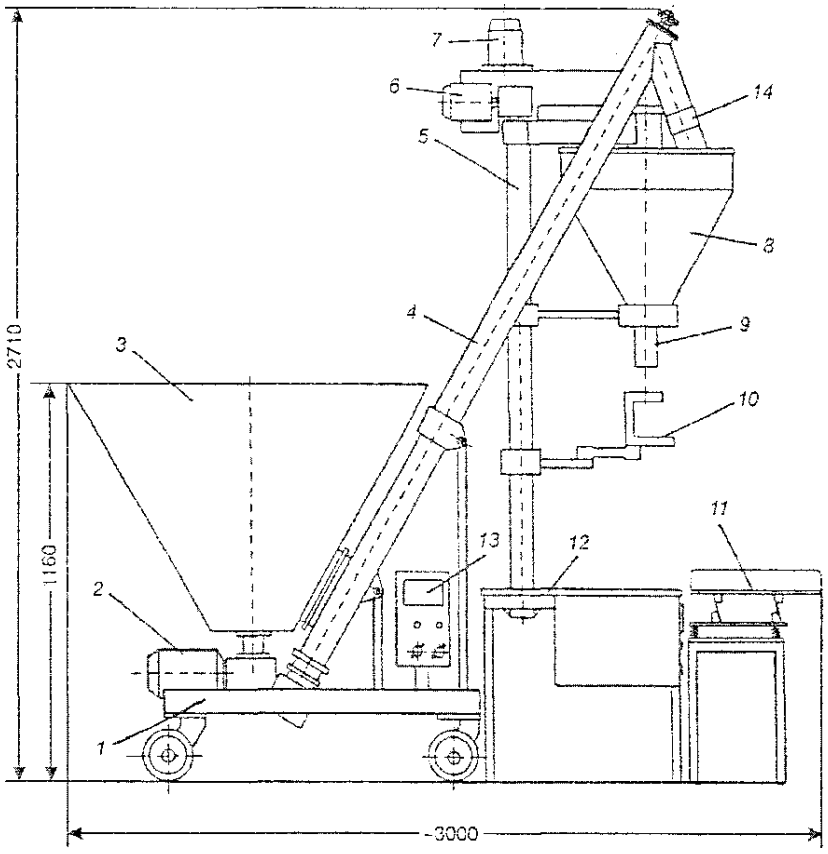


Рис. 10.16. Ваговий шнековий дозуючий комплексний ВШДК-3000:

1 – візок живильника; *2* – привід шнеку; *3* – бункер живильника; *4* – шнек; *5* – стійка дозатора; *6* – привід механізмів переміщення; *7* – привід дозатора; *8* – видаючий бункер; *9* – труба видачі продуктів у тару; *10* – майданчик для встановлення пакета; *11* – вібраційний стіл для ущільнення продукта в пакеті; *12* – основа дозатора; *13* – пульт управління; *14* – гнучкий рукав

Дозатор постачається трьома вузлами:

- ваговий шнековий дозатор;
- підіймач шнековий з бункером-накопичувачем;
- вібруючий стіл.

Особливості дозатора:

- програмне керування процесом вагового дозування;
- ваговимірювальна система на основі безінерційного тензодатчика;
- швидке переналагоджування і корекція величини дози;
- цифрова індикація поточної ваги та числа зважувань;

• змінні вузли для різного продукта й ваги дози;

• деталі машини, контактуючі з продуктом виготовлені зі сталі, яка не іржавіє.

Таблиця 10.10

Технічна характеристика дозатора ВШДК-3000

Границі дозування, кг	0,2 – 3,0
Ємність бункера-накопичувача, л	300
Клас точності вагової системи	0,25
Точність дозування	±0,5
Дискретність відрахунку ваги, г	1
Продуктивність, отв./хв	до 10
Тип тари	паперовий пакет, банка
Потужність, кВт	1,5
Розміри, мм: довжина ширина висота	 2500 1500 2700
Маса, кг	300

Фасувально-пакувальний автомат для крупи А5-КЛШ/4М створений на базі вертикально-лінійного рукавного автомату періодичної дії типу АРВ, що в свій час широко застосовувався у галузі хлібопродуктів. На його основі створена широка гамма автоматів для фасування різноманітних сипких харчових продуктів, в тому числі для пакування круп марки А5-КЛШ/4М. На ньому можна фасувати пшоно, рис, гречку та інші крупи.

Значно спрощена система механічного переміщення основних робочих органів, приводу. Значній переробці підлягали системи керування та автоматизації.

Зовнішній вигляд нового автомату А5-КЛШ/4М зображений на рис. 10.17. Автомат може працювати на пакуючому матеріалі з заздалегідь нанесеним малюнком і центруючи або на матеріалі із наскрізним (безперервним) малюнком. В якості матеріалу використовуються полімерні та пакувальні матеріали: поліетилен,

поліпропілен, поліетилен-целофан і інші. Для формування пакету використовуються контактно-теплова і контактно-емульсійна зварка.

На рис. 10.18 приведена функціональна схема апарату. Полотно пакувального матеріалу з рулону *1* через направляючі ролики *2* поступає на рукавоутворювач *3*, протягується двома стрічковими конвеєрами між рукавоутворювачем та трубою, обгортаючи її.

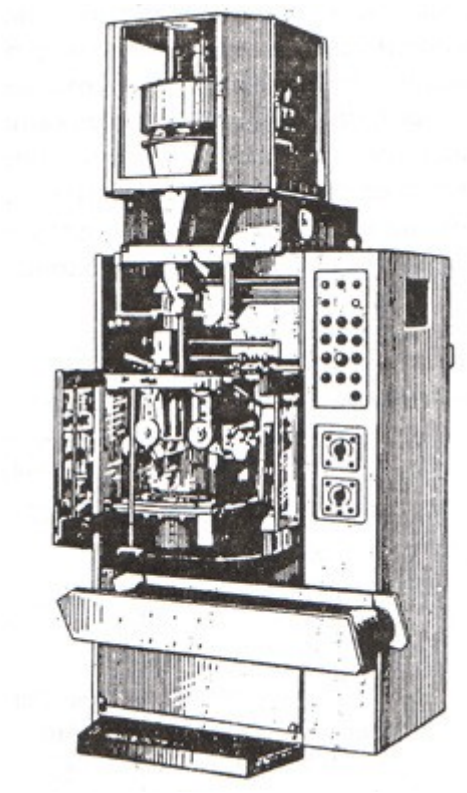


Рис. 10.17. Фасувально-пакувальний автомат для круп А5-КЛШ/4М

Продукт в машину поступає з дозуючого пристрою *11*. Доза продукту видається в середину труби рукавоутворювача, і по ній поступає в зварений з пакуючого матеріалу рукав.

Після термозварювання поздовжня губка відводиться від продуктопроводу, а поперечні губки розводяться. Зварений рукав з продуктом стрічковими конвеєрами протягуються на величину, рівну висоті пакету. Висота пакету при наявності на плівці малюнку з фотоцинтруючою міткою контролюється фотоелементом *12*, котрий дає сигнал на закінчення протягування плівки при проходженні їм

мітки. Після цього цикл повторюється і відбувається термозварювання верху нижнього пакету і дна верхнього, відрізання нижнього заповненого пакету і розведення губок. Заповнені пакети падають на транспортер, що відводить їх і переміщує в зону послідуючого групового пакування або укладання в конвеєри. Привід машини дозволяє регулювати швидкість основних технологічних операцій в залежності від фізико-хімічних властивостей продукту, що фасують, матеріалу що використовують при пакуванні, а також умов праці на даному підприємстві.

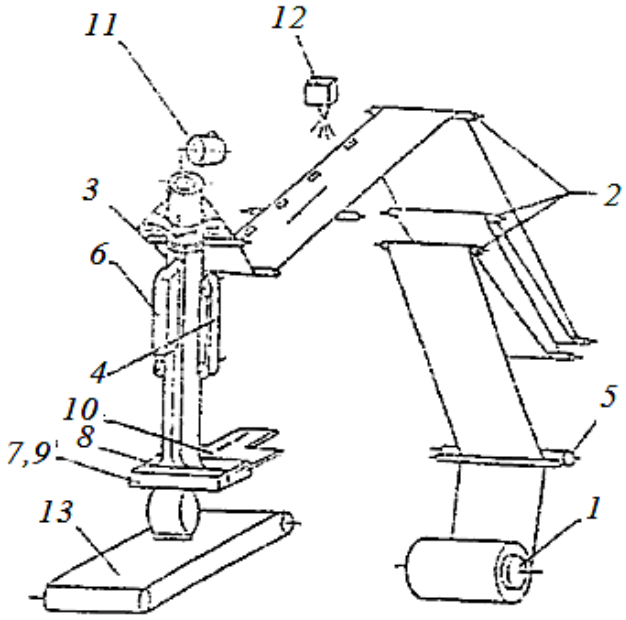


Рис. 10.18. Функціональна схема фасовочно-пакувального автомату А5-КЛШ/4М:

1 – рулонотримач; *2* – направляючі ролики; *3* – рукавоутворювач; *4* – стрічковий конвеєр; *5* – механізм подачі плівки; *6* – губка поздовжнього зварювання; *7*, *8* – губки поперечного зварювання; *9* – пристрій для нанесення мінливих реквізитів; *10* – відрізний ніж; *11* – дозуючий пристрій; *12* – фотоелемент; *13* – транспортер

Таблиця 10.11

Технічна характеристика автомата для фасування крупи А5-КЛШ/4М

Продуктивність в хв., пакети	до 60
Тип автомату	Вертикально-лінійний періодичної дії
Об’єм дози, $см^3$	700 – 1400
Розміри пакету, мм	
ширина	140
висота	100 – 280
Матеріал пакета	Плівка ПЦ-2, папір-поліетилен, плівка поліетиленова
Ширина рулону, мм	300 – 310
Встановлена потужність, кВт	4,3
Тиск стиснутого повітря, $кг/см^2$	4 – 6
Витрати стисненого повітря, $м^3$/год	4±0,5
Габаритні розміри, мм:	1450×1300×2250
Маса, кг	810

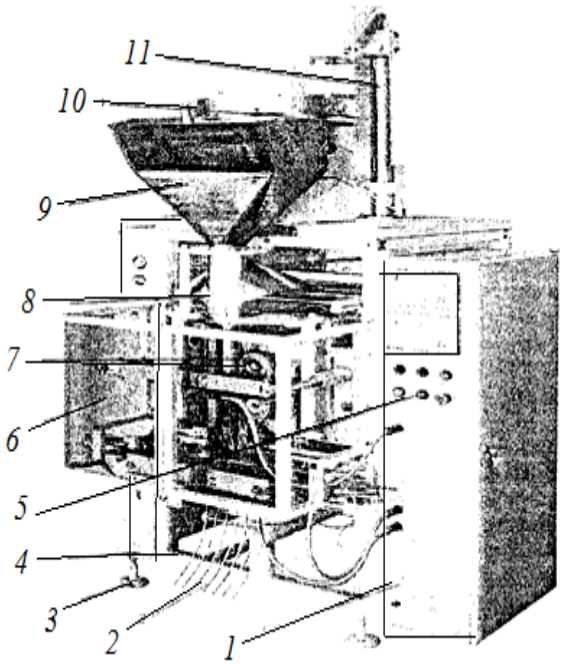


Рис. 10.19. Рукавний автомат для дозування і пакування круп 11 ЮМЗ (МЗПЕ)

1 – електрошафа; *2* – спрямовувач для пакетів; *3* – гвинтові пакети; *4* – основа; *5* – панель управління; *6* – скляна хвіртка; *7* – протягувальний

механізм; *8* – рукавоутворювач; *9* – бункер; *10* – стаканчиковий дозатор; *11* – стійка; *12* – приймальний бункер

Рукавний автомат 11ЮМЗ(МЗПЕ) – призначений для дозування і пакування у пакети легкосипких і дрібнозернистих продуктів, в тому числі круп широкого асортименту. Зовнішній вигляд пристрою приведений на рис 10.19. Він відноситься до класу рукавних (найбільш простих) автоматів, фасуючи крупу в поліетилен, поліетилен-целофан та інші дубльовані матеріали достатньо доброї сипкості. Більшість таких автоматів при фасуванні круп використовують склянкові дозатори, що достатньо продуктивні. Даний автомат виробляють у двох модифікаціях: МЗ, коли забезпечується притягнення плівки пасами з плавним регулюванням продуктивності пакувальної машини й довжини пакету, зварювальні губки постійно нагріті, і МЗПЕ – коли автомат обладнаний зварювальними губками з імпульсивним нагріванням. Автомат обладнується двома типами склянкових дозаторів карусельного типу. У першому типу це телескопічні стакани з електроприводом для легкосипких дрібнодисперсних продуктів типа солі, цукру, крупи, прального порошку та іншого. У другому – стаканчиковий дозатор додатково обладнується автоматичним контролем ваги кожного пакету, що ускладнює і робить дорожчим автомат для фасування круп і не є необхідним. Автомат 1110МЗ скомплектований за класичною схемою рукавних автоматів. Приймальний бункер *12* для крупи встановлений на стійці *11* і регулюється за висотою пристрою. Далі виставлений роторний стаканчиковий дозатор *10*, який подає дозу продукту до бункеру *9* для подачі його на дозуючу трубу, в нижній частині змонтований воротник рукавоутворювача. Потім рукав протяжним механізмом *7* подається на зварювання дна пакету, фасується порція крупи і зварюється верхній шов, який є одночасно дном наступного пакету. Автомат МЗ працює з постійним підігрівом зварювальних губок, а МЗПЕ – імпульсним нагрівом. Потім пакет відрізається й через направлювач *2* подається на транспортер готових пакетів. Автомат має наступні можливості: виготовлення пакету з плоским дном; формування пакету з рулону плівки; цифрова індикація температури зварювальних губок; мікропроцесорне керування,

пам’ять на 30 програм; маркування дати і ваги (термоштампування і термодрук).

Автомат може працювати за фотоміткою, центруючи малюнок на пакеті, укомплектований змінними стаканчиками на різну масу дози, а також має автоматичне налагодження дози.

Автомат може постачатися заводам у якості фасувальної лінії або пристрою для забезпечення безперервного автоматичного завантаження продукції до бункеру автоматом, фасування її на автоматі та видалення готових пакетів на пакувальний стіл-накопичувач. У цьому випадку передбачає слідуючу комплектність: пакувальний автомат відповідної моделі; підлоговий бункер - накопичувач з подаючим шнековим транспортером або транспортером типу «норія»; конвеєр для видання пакетів; поворотний стіл-накопичувач та інші пристрої на розсуд замовника.

Таблиця 10.12

Технічна характеристика автомату

Продуктивність, пакетів/хв	
Границі дозування,г	
Точність дозування,% стандарт	
з автоматичним ваговим контролем	
Споживання повітря, л/хв., 5 атм	
автомат	
ділянка	
Формат пакета	
Ширина пакету, мм	
Довжина пакету (корисна), мм	
Точність підтримання температури, °С	
Товщина плівки, що використовується, мкм	
Габаритні розміри, мм	1550×1350×2800

При виборі автомату для комплектних крупозаводів, враховуючи їх не велику продуктивність і відповідно об’єми фасування, краще орієнтуватися на більш прості, надійні і не великої продуктивності.

Контрольні запитання

1. Класифікація машин та обладнання для пакування готової продукції на млинах, крупозаводах та кормових заводах?
2. Для чого потрібні вентилюючі бункери? Наведіть їх технологічні показники.
3. Які властивості продуктів враховують у розрахунках дозаторів?
4. Як поділяють дозувальні пристрої за принципом дозування та за конструкцією?
5. Дати характеристику барабанним та важільно-механічним дозаторам.
6. Привести характеристику ваговим тензометричним дозаторам типу Д-50.
7. Дати характеристику будови ваг. Як здійснюється їх перевірка?
8. Які існують ваго вибійні установки? Наведіть їх технічні дані.
9. Для чого слугують мішкозашивні машини на зернопереробних підприємствах та реалізаційних базах?
10. Як здійснюється пакування круп у пакети за допомогою рукавного автомату?
11. Яку кількість пакетів може приготувати за 1 хвилину автомат 1110МЗ (МЗПЕ)?
12. Які розміри мають пакети для фасування круп?