The book cover features a central vertical strip of light brown, textured paper. This strip is flanked on both sides by a dense layer of various grains. On the left, there are red and brown grains, including what appear to be almonds and walnuts. On the right, there are golden-brown grains, likely wheat or barley. The overall design is clean and thematic, focusing on agricultural products.

Технологічне  
обладнання  
зернопереробних  
та олійних  
виробництв

Нова Книга  
видавництво

О. В. Дацишин, А. І. Ткачук, О. В. Гвоздєв,  
Ф. Ю. Ялпачик, В. О. Гвоздєв

## **ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ТА ОЛІЙНИХ ВИРОБНИЦТВ**

Схвалено Міністерством аграрної політики України  
як навчальний посібник для використання в навчально-  
виховному процесі під час підготовки бакалаврів напрямку  
6.100202 “Процеси, машини та обладнання агропромислового  
виробництва” у вищих навчальних закладах  
II–IV рівнів акредитації

За редакцією канд. техн. наук, професора О. В. Дацишина

Вінниця «Нова Книга» 2008

УДК 664.71.05(075)

ББК 36.82-5-05я7

Т 38

Гриф надано Міністерством аграрної політики України  
(Лист № 18-1-1-13/878 від 15.08.07 р.)

Рецензенти:

*С. І. Пастушенко*, доктор технічних наук, професор  
(Миколаївський державний університет);

*І. І. Мельник*, кандидат технічних наук, професор  
(Національний аграрний університет)

**Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздев О. В. та ін.**

**Т 38** Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв /  
За редакцією О. В. Дацишина. Навчальний посібник. – Вінниця:  
Нова Книга, 2008. – 488 с.

ISBN 978–966–382–180-1

У посібнику розглянуто сучасні механізовані процеси та технологічне обладнання борошномельного, круп'яного, олійного і комбікормового виробництв. Окремий розділ присвячено механізації технологічних процесів та обладнанню для зберігання зернових продуктів. Приведені принцип дії, будова, робота, технологічні регулювання та інженерні розрахунки основного технологічного обладнання.

Розрахований для студентів аграрних вищих навчальних закладів II–IV рівнів акредитації.

УДК 664.71.05(075)

ББК 36.82-5-05я7

ISBN 978–966–382–180-1

© О. В. Дацишин, А. І. Ткачук,  
О. В. Гвоздев, 2008

© ПП «Нова Книга», 2008

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	5
<b>1. Загальні відомості про машинні технології переробних виробництв</b> .....	7
1.1. Загальні відомості з технології зернопереробних і олійних виробництв.....	7
1.2. Властивості зернопродуктів як об'єктів переробки та зберігання.....	20
1.3. Загальна класифікація машин та обладнання.....	40
1.4. Структурні схеми технологічних ліній.....	43
1.5. Вимоги до технологічного обладнання.....	45
1.6. Техніко-економічне обґрунтування машинних технологій.....	50
<b>2. Технологічне обладнання для зберігання зернових продуктів</b> .....	67
2.1. Машини та обладнання для прийому та транспортування продуктів.....	67
2.2. Способи і механізовані процеси зберігання зерна і насіння.....	87
2.3. Класифікація та будова сховищ для зберігання зернових продуктів.....	95
2.4. Сушарки зернових продуктів.....	103
<b>3. Технологічне обладнання для виконання підготовчих операцій</b> .....	123
3.1. Машини для очищення зернової маси від домішок і сортування зерна.....	123
3.2. Машини для очищення поверхні зерна сухим і мокрим способом.....	171
3.3. Комплектне обладнання для гідротермічної обробки зернових продуктів.....	196
<b>4. Технологічне обладнання для виконання основних і завершальних операцій зернопереробних виробництв</b> .....	227
4.1. Машини для лущення, шліфування і полірування.....	227
4.2. Машини для подрібнення зерна.....	272
4.3. Машини для сортування подрібнених зернових продуктів.....	345

4.4. Обладнання для віджимання та очищення олії.....	381
4.5. Преси для виготовлення гранульованих комбікормів .....	412
4.6. Обладнання для дозування, фасування і пакування зернових продуктів .....	417
<b>5. Комплектне обладнання і технологічні лінії з переробки зерна та олійних культур.....</b>	<b>440</b>
5.1. Млини і крупорушки .....	440
5.2. Комбікормові агрегати і лінії .....	457
5.3. Комплектне обладнання для виготовлення олії .....	465
<b>Додатки .....</b>	<b>472</b>
<b>Література .....</b>	<b>486</b>

## ВСТУП

Посібник призначений для студентів аграрних вищих навчальних закладів II-IV рівнів акредитації з напрямів підготовки “Техніка та енергетика аграрного виробництва” та “Сільське, лісове і рибне господарство та переробка їх продукції”. У ньому розглянуто сучасні механізовані процеси та технологічне обладнання з переробки зерна і насіння олійних культур та напівфабрикати, харчові продукти і комбікорм безпосередньо на місцях її одержання, тобто в умовах виробника.

В даний час переробна галузь АПК України переживає період технічного переоснащення, впровадження нових технологій на основі новітньої високопродуктивної техніки. Неодмінною умовою прискорення технічного переозброєння переробної галузі і підвищення її ефективності є забезпечення підприємств висококваліфікованими спеціалістами, що володіють здатністю не лише освоєння та ефективного використання нової техніки і технології, але й її вдосконалення та володіння сучасними методами організації виробництва. Спеціалістам в сфері експлуатації і технічного обслуговування обладнання необхідно мати глибокі знання про особливості роботи обладнання в різних технологічних процесах та їх вплив на проміжні і кінцеві результати переробки сировини в готові продукти чи напівфабрикати. Висвітлення основних технологічних процесів супроводжується будовою, використанням та інженерними розрахунками їх обладнання.

В посібнику викладено рекомендації з технічного переозброєння зернопереробних виробництв. Показано, що зміна традиційного обладнання новим, чи вдосконалим економічно доцільна лиш в тому випадку, коли вона забезпечує підвищення продуктивності праці, зниження енергомісткості і покращення якості продукції. Приведена методика оцінки технічної енергомісткості технологічного процесу і обґрунтування машинної технології на базі техніко-економічних критеріїв.

У зв'язку з розвитком сільськогосподарських переробних виробництв в посібнику відображені особливості їх технологічних процесів. Дається коротке описання типових технологічних схем млинів, крунорушок, і комплексного обладнання для виготовлення олії та комбікормів на місці виробництва сировини.

Проблема підвищення якості продукції і раціональне використання сировини – невід’ємна частина конкурентоспроможності продукції. Її рішення потребує цілеспрямованої, зацікавленої та відповідальної діяльності всіх спеціалістів галузі. Фахівець з механізації виробничих процесів має володіти теоретичними основами проектування технологічних машин та їхніх робочих органів, уміти обґрунтовувати геометричні, кінематичні, енергетичні параметри і режими роботи, за яких застосування машин даватиме максимальний економічний ефект. Це сприятиме удосконаленню та модернізації обладнання у виробництві, підвищенню його надійності та довговічності завдяки правильному вибору параметрів і режиму роботи з урахуванням специфічних умов експлуатації.

Оскільки навчальна технічна література не має систематизованого висвітлення питань будови та розрахунку машин і різноманітного технологічного обладнання зернопереробних виробництв, то цей посібник має на меті частково заповнити названу прогалину.

Посібник складається з п’яти розділів, в яких описано призначення, робота та розрахунки машин і основного технологічного обладнання. Матеріал кожного розділу охоплює розгляд машин і обладнання конкретного напрямку переробки та об’єднання їх в групи за функціональним призначенням у технологічній схемі. Зокрема, детально розглянуто функціональні схеми, суть робочих процесів, технологічні розрахунки машин для зберігання і підготовки зерна і насіння олійних культур до переробки, виконання основних і заключних технологічних операцій виробництва борошна, круп, олії і комбікормів.

Інженерні методи розрахунку робочих органів викладено таким чином, щоб дати можливість творчо застосовувати їх під час виконання проектів і вдосконалення машин. Наведені для розрахунку алгоритми містять вихідні посилання, аналітичні або емпіричні вирази, які описують функціональні зв’язки параметрів робочих органів з продуктивністю, кінематичними та енергетичними показниками, умови і обмеження на параметри і режими роботи, врахування яких забезпечує розробку роботоздатної технологічної машини заданої продуктивності. В усіх розділах містяться необхідні довідкові дані для виконання технологічних розрахунків машин і обладнання.

## **1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МАШИННІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ**

### **1.1. Загальні відомості з технології зернопереробних і олійних виробництв**

Як засвідчує практика розвинутих країн і вітчизняний досвід останнього десятиріччя, різке піднесення аграрного виробництва в часі повністю збігається з активізацією процесів наукового пошуку, технічного прогресу, оптимізацією ресурсного забезпечення виробництва, широким впровадженням переробних виробництв безпосередньо на місці виробництва сировини. Крайні досягнення в сільському господарстві України були закономірним результатом розробки і наукового виробничого впровадження інтенсивних технологій, їх комплексного матеріально-технічного забезпечення. Доказом цього було прийняття у 1992 році Національної програми створення системи машин для сільського господарства, яка включає розробку машин для виробництва і переробки зернових, технічних культур, продукції тваринництва.

Значна увага переробній галузі АПК одночасно викликана тим, що річні темпи приросту продукції сільського господарства в Україні значно випереджають річні темпи експорту продукції переробної галузі, що ніяк не відповідає можливостям продуктивних сил суспільства. У наш час рівень експорту сільськогосподарської сировини України зростає і збільшується імпорт продуктів харчування, що гальмує економічне зростання галузі сільськогосподарського виробництва та економіки країни в цілому.

Промисловістю України випускається значна кількість найменувань машин і технічних засобів для переробних підприємств рослинної і тваринної сировини, в тому числі найпоширеніших на селі виробництв, зокрема млинів, крупорушок, комбікормових агрегатів, комплексного обладнання для переробки олійних культур тощо, у зв'язку з чим збільшується доля продукції цих виробництв в загальній масі продукції, що виробляється підприємствами АПК в цілому.

### **Технологічні процеси борошномельного і круп'яного виробництва**

Борошномельне і круп'яне виробництво є одним з найважливіших галузей агропромислового комплексу. Призначення борошномельного і круп'яного виробництва полягає в забезпеченні людини основними продуктами харчування – борошном і крупами. Вони є сировиною або необхідними компонентами для виробництва хлібобулочних, макаронних, кондитерських виробів, кулінарних напівфабрикатів тощо, ефективність переробки зерна в борошно і крупи залежить від наступних основних факторів:

- якості зерна, що надходить на переробку;
- ступеня досконалості технологічного процесу;
- якості і досконалості технологічного обладнання;
- кваліфікації кадрів.

Борошномельні підприємства (млици) з розвинутим технологічним процесом виготовляють пшеничне борошно (першого, другого і вищого сортів) з відбором манної крупи, макаронне борошно (вищого і першого сортів), оббивне пшеничне і житнє борошно. На млинах сільськогосподарського призначення із скороченим технологічним процесом виготовляють двосортне (вищого і другого або першого і другого сортів), оббивне, обдирне сіяне і несіяне борошно.

Побічні продукти борошномельних виробництв (висівки, кормове борошно і кормові відходи), переважно переробляють на сухий комбікорм, значну частину висівок закупають пекарні на виробництво дієтичних хлібобулочних виробів.

Розвинутий технологічний процес борошномельного виробництва на вальцьовому млині містить у собі декілька етапів.

Перший етап – приймання, зберігання зерна і підготовка його до помелу. Його виконують на елеваторі (зерносклади) і підготовчому відділенні млина. Етап складається з таких основних операцій:

- досушування вологого зерна;
- очищення від домішок та сортування зерна;
- складання помольної партії (дозування і змішування масивів зерна, які різняться якістю);

- очищення поверхні зернівок від пилових відкладень, цвілі і мікроорганізмів;
- гідротермічна обробка зерна.

Другий етап – розмел зерна з вибіркоким подрібненням і сортуванням проміжних продуктів за крушістю і густиною часточок та процесі вимелювання висівних продуктів.

Заключний етап включає процеси контролю якості, формування, фасування і маркування готових продуктів. Технологічні процеси борошномельного виробництва за спрощеними схемами (рис. 1.1, 1.2) реалізують вальцьові і жорнові млини сільськогосподарського призначення.

Круп'яні підприємства виробляють широкий асортимент крупів: крупу ядрицю швидкорозварювану і звичайну, пшоно, горох, рис та інші крупи з цілого або плющеного ядра, крупу перлову п'яти номерну, цолтавську чотирьох номерну, курудзяну, ячмінну та інші дроблені крупи.



Рис. 1.1. Схема технологічного процесу разового помелу зерна на жорновому млині

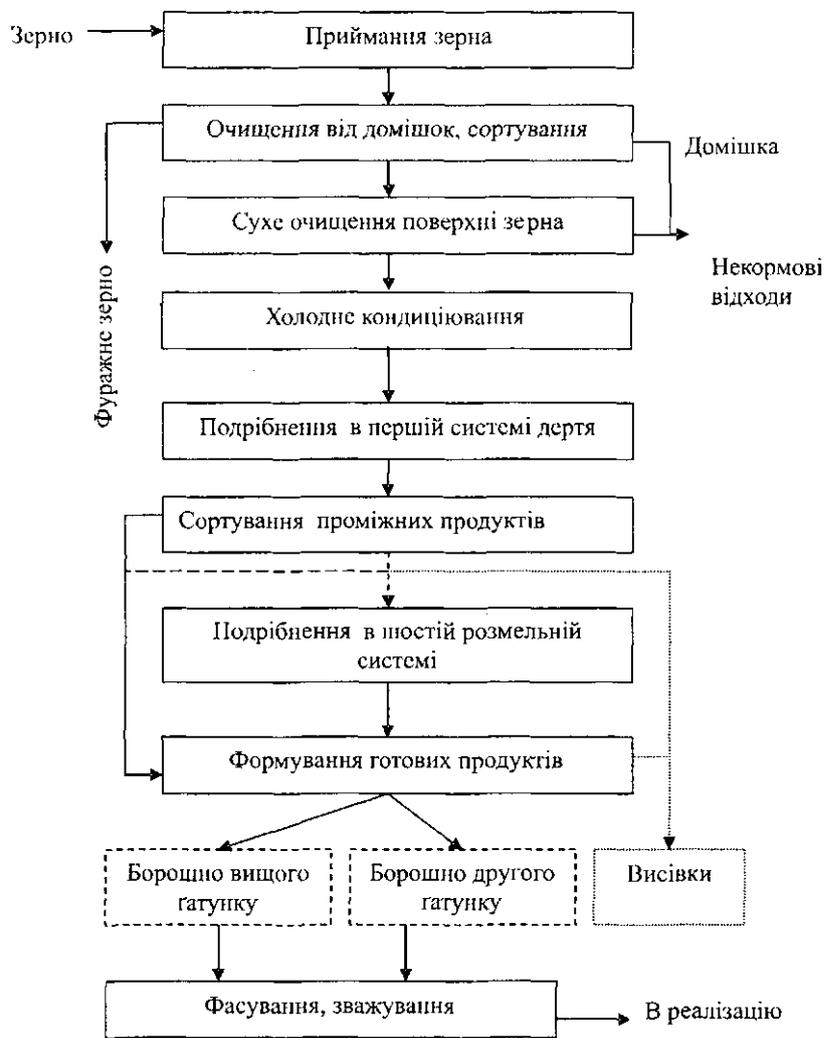


Рис. 1.2. Схема спрощеного технологічного процесу повторювального помелу зерна на вальцьовому млині

Технологічний процес переробки зерна в крупу ядрицю на сучасному промисловому підприємстві складається з восьми – десяти технологічних операцій: очищення і сортування зерна, лущення, відбір ядра, шліфування, сортування продуктів шліфування і контроль готової продукції. Лушливо-сортувальний процес (рис. 1.3) в цьому виробництві є основним, від нього у великій мірі залежить вихід та якість крупів. Дроблені крупи виготовляють за технологією (рис. 1.4) борошномельного виробництва, для цього в якості сировини беруть попередньо лущене круп'яне зерно або готову крупу ядрицю. Плющені крупи (геркулес, кукурудзяні пластівці глазуровані тощо) виготовляють за спеціальними технологіями.

### **Технологічні процеси комбікормового виробництва**

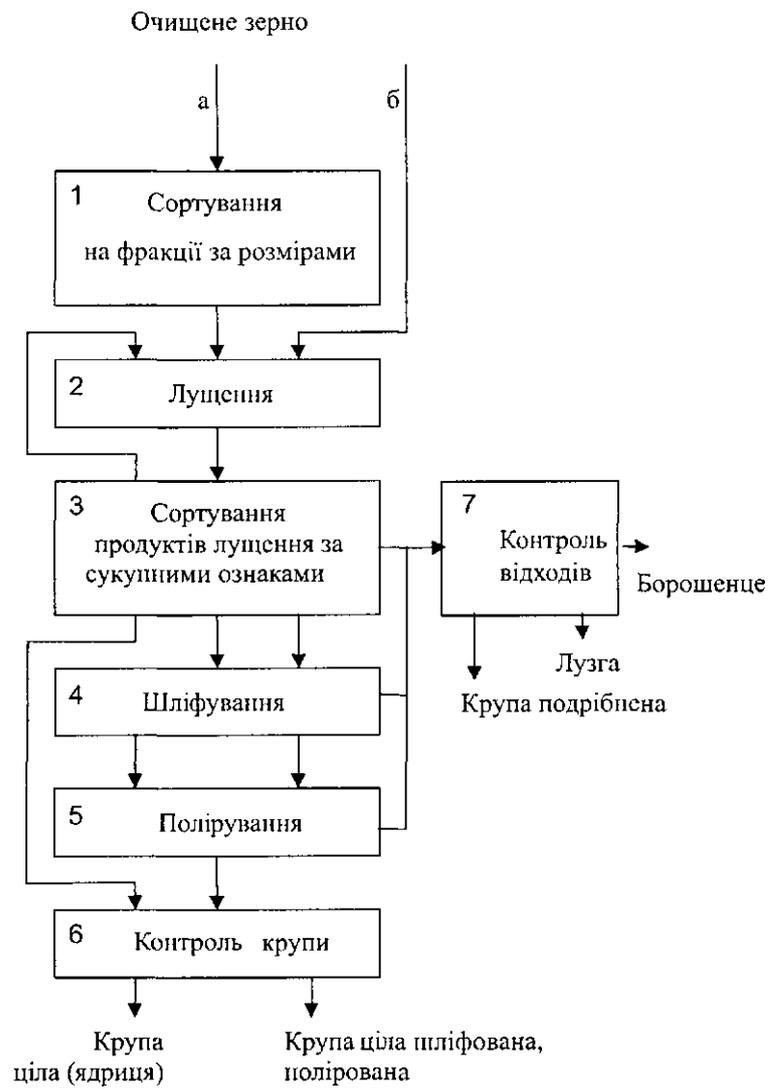
Для сільського господарства комбікормова промисловість виготовляє повнораціонні збалансовані комбікорми, комбікорми-концентрати, білково-вітамінні добавки (БВД), премікси, замінники незбираного молока (ЗНМ), рідкі комбікорми, карбамідні концентрати та інші.

*Повнораціонні комбікорми* повністю забезпечують потребу тварин і птиці різних статевих-вікових груп і фізіологічного стану в поживних речовинах, мікроелементах, амінокислотах і вітамінах.

*Комбікорми-концентрати* мають підвищений вміст протеїну, мінеральні речовини, білково-вітамінні добавки (БВД) і додаються до основних грубих і соковитих кормів для збалансування поживних речовин в раціоні тварин.

*Білково-вітамінні добавки (БВД)* – суміші високобілкових речовин з вмістом протеїну 30...40 % і мікродобавок (вітамінів, мікроелементів). Застосовують БВД у виробництві комбікормів та кормових сумішей на комбікормових заводах і в кормоприготувальних цехах сільськогосподарських підприємств.

*Премікси* – композиції з мікродобавок і наповнювача, призначені для збагачення комбікормів і БВД. За призначенням і складом премікси поділяють на лікувальні, вітамінно-амінокислотні, мінеральні і універсальні. До складу преміксів входять вітаміни, мікроелементи, амінокислоти, антибіотики, смакові добавки. В якості наповнювача застосовують пшеничні висівки, кормові дріжджі, соєвий шрот.



*Рис. 1.3. Технологічна схема лушильного відділення крупорушки для виготовлення крупи:*

*а – із сортувальним процесом перед лущенням;*

*б -- без сортувального процесу*

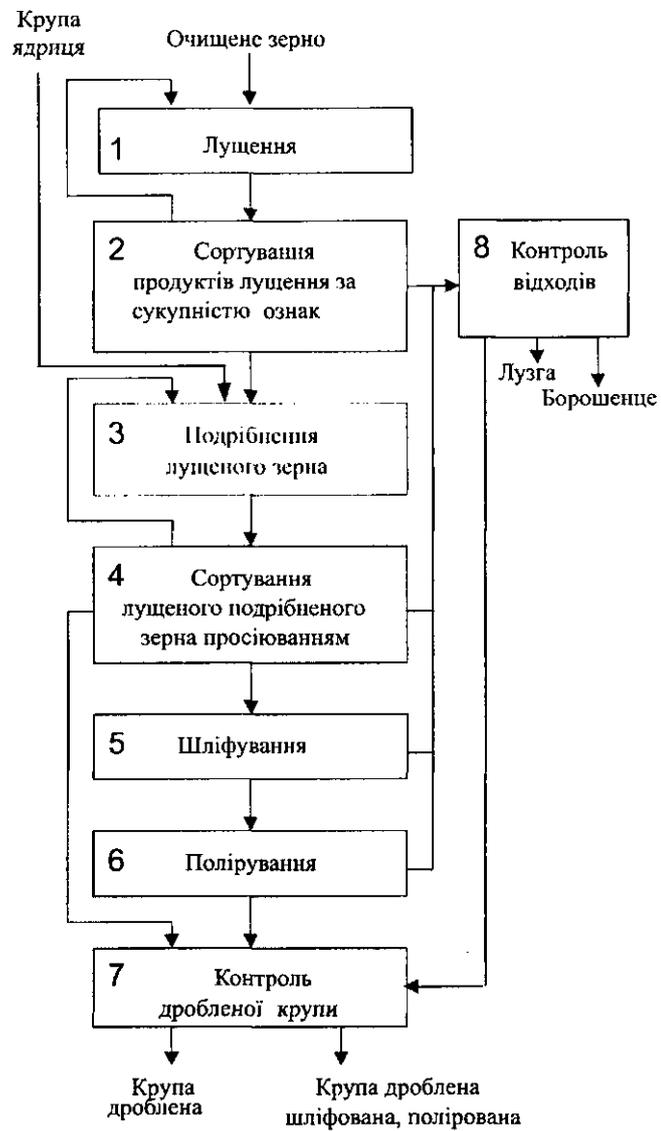
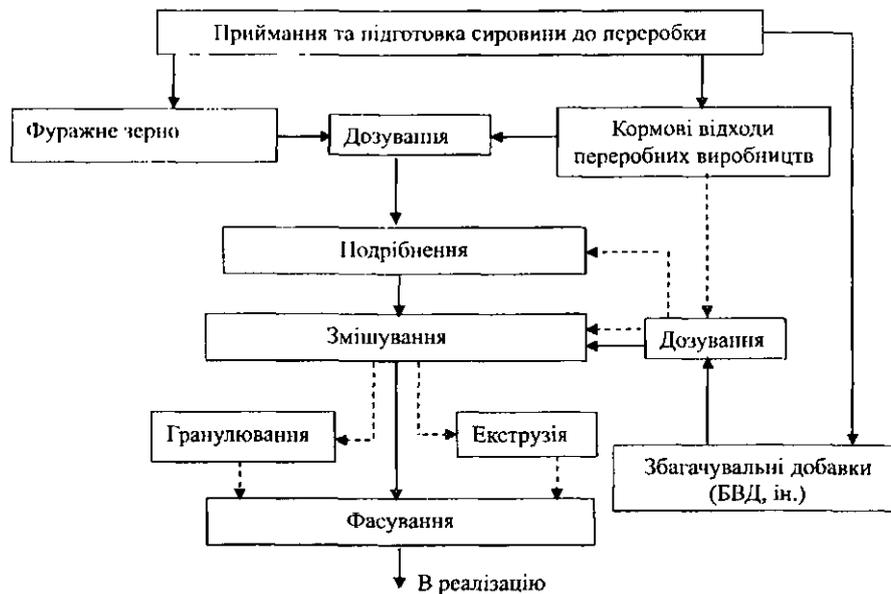


Рис. 1.4. Схема технологічного процесу лушильного відділення лінії виготовлення дробленої крупи



**Рис. 1.5. Узагальнена схема технологічного процесу комбікормового виробництва у сільському господарстві**

*Карбамідний концентрат* – кормова добавка, яка виробляється екструзією суміші зерна, карбаміда, бентонітової глини та інших добавок. Він вміщує до 60 % протеїну, його добавляють у вторинні комбікорми і кормові суміші для великої рогатої худоби (ВРХ) в кількості 5...12 %.

Перелічені види комбікормів виробляють у вигляді сухих сипких сумішей з різноманітною формою часточок (крупка, гранули, брикети тощо). Поживну цінність їх виражають у кормових одиницях, в показниках обмінної енергії, вмістом сирого протеїну, сирого жиру, сирової клітковини тощо.

На відміну від продукції борошномельного і круп'яного виробництва, яку виготовляють з моносировини (зерна), перелічені види комбікормів є складними композиціями з десятків і сотень спеціально підготовлених компонентів рослинного і тваринного походження, мінералів, солей, синтезованих білків, полісахаридів тощо, тому технологія їх

виготовлення набагато складніша, базується на застосуванні механічних, теплових, хімічних біомеханічних та інших процесів і потребує спеціального промислового обладнання.

У сільському господарстві, як правило, виготовляють за допомогою комбікормових агрегатів і комплектного обладнання малої потужності (див. розділ 5) "вторинні" комбікорми і незбалансовані кормові суміші із фуражного зерна, кормових відходів борошномельного, круп'яного і олійного виробництв, трав'яного борошна, грубих і соковитих кормів з додаванням до них готових БВД та інших концентратів заводського виготовлення.

Узагальнена технологічна схема виготовлення вторинних сухих комбікормів та кормових сумішей у комбікормових цехах господарств зображена на рисунку 1.5.

Рослинну олію виробляють з насіння олійних культур. З кожної культури видобувають свій вид олії, наприклад: соняшникову, ріпакову, гірчицю та ін.

В олійному виробництві застосовують такі основні способи виготовлення олії:

- механічний, в основі якого використовується пресування (віджим) олії з попередньо підготовленої з насіння олійних культур маси (м'язги) або пресування олії безпосередньо з насіння;
- хімічний (екстракційний), суть якого є розчинення рослинного жиру в попередньо підготовленій з насіння робочій масі (міцели) легко випарним органічним розчинником (бензином, гексаном, ін.);
- комбінований спосіб, який включає спосіб пресування олії з м'язги (перший етап) і екстракцію олії з відходів пресування (макухи, шротів тощо).

#### **Технологічні процеси олійних виробництв**

Виготовлення олії способом екстракції (комбінованим способом) дозволяє застосувати потужне обладнання безперервної дії, при цьому забезпечується більш повне видалення олії з олійновміщуючих частинок насіння; залишок її у відходах (шроті) не перевищує 1 %, в той час як залишок олії в макусі способом віджимання знаходиться в межах 6...16 % (менші значення одержують при застосуванні технології

та комплектного обладнання з попередньою підготовкою насіння, більші – на прес-екструдерах). Суттєвим недоліком хімічного способу є складність та висока вартість обладнання, необхідність виконання ретельної очистки (рафінації) олії від органічного розчинника та інших домішок. Хімічний спосіб економічно доцільний при великих обсягах виробництва і є основним на сучасних промислових олійно-жирових заводах. У сільськогосподарському виробництві застосовується переважно механічний спосіб пресування олії з попередньою обробкою насіння (рис. 1.6) і спосіб пресування олії безпосередньо з насіння на прес-екструдері (рис. 1.7).

Технологія пресування олії з попередньою підготовкою насіння соняшника (рис. 1.6) включає операції обрушування (лушення) очищеного насіння, розділення (сепарацію) продуктів лушення (рупанки) на олійновміщуючу суміш (ядро ціле, дроблене, частково або повністю необрушене насіння, інші частинки) і лузгу, подрібнення цієї суміші на м'ятку, волого-теплову обробку (жаріння) м'ятки, пресування олії з піджареної м'ятки (м'язги) та очищення олії від домішок способом відстоювання і фільтрації. У такий спосіб одержують нерафіновану олію. Під час переробки на олію ріпаку, гірчиці та деяких інших культур після очищення від домішок насіння не лушать, а подрібнюють.

Найбільш проста технологія добування олії прес-екструдером (рис. 1.7). Вона має перевагу перед іншими у випадку переробки насіння на технічну олію (біопаливо), так як процес пресування олії відбувається без перегрівання олії, що позитивно впливає на якість біопалива. Такий спосіб віджимання олії часто називають "холодним".

Нерафінована рослинна олія містить у собі деякі небажані компоненти, що знаходяться в олійній сировині, це віск, пігменти, важкі метали, радіонукліди, пестициди тощо, така олія швидко псується, втрачає споживчі якості. Тому нерафіновану олію додатково очищають (або рафінують) – це необхідний технологічний процес, який складається з таких операцій:

1) *Гідратація* – обробка олії гарячою водою з послідовним видаленням білкових та слизових речовин. Білкові та слизові речовини, що природно містяться в нерафінованій олії (потрапляють в олію з насіння), сприяють швидкому псуванню олії.

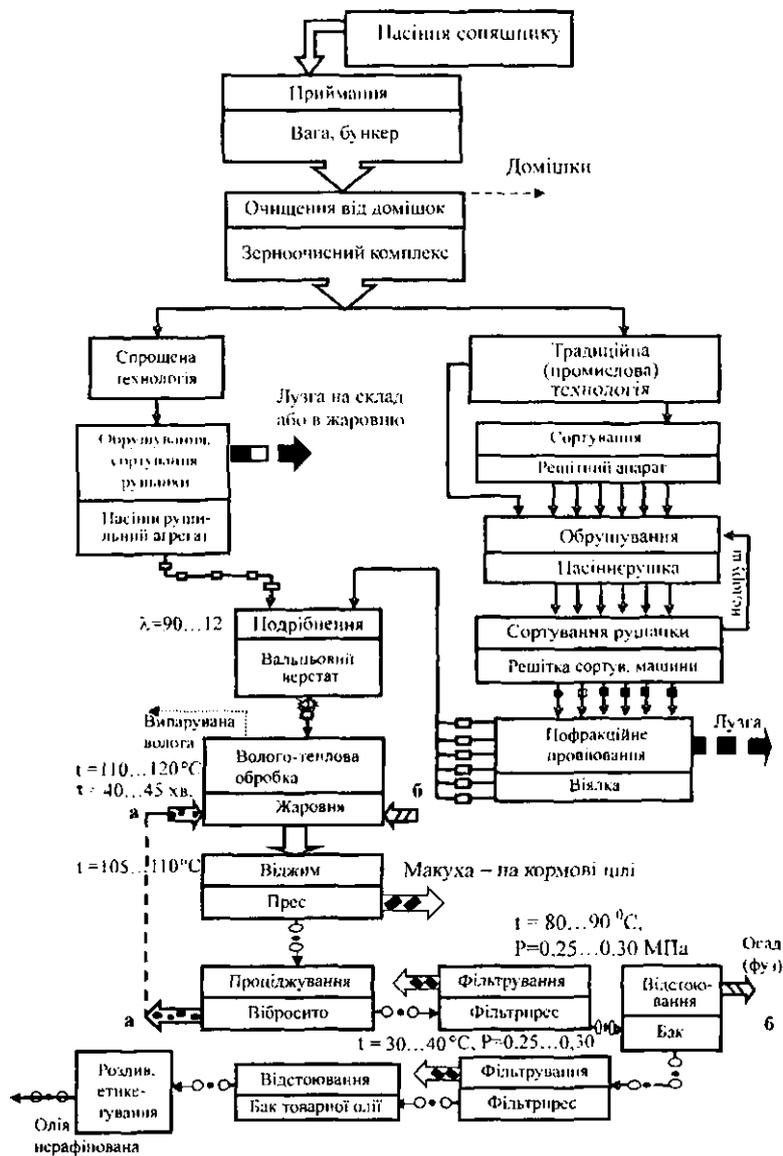


Рис. 1.6. Технологічна схема виготовлення олії способом пресування з покращеного насіння соняшнику

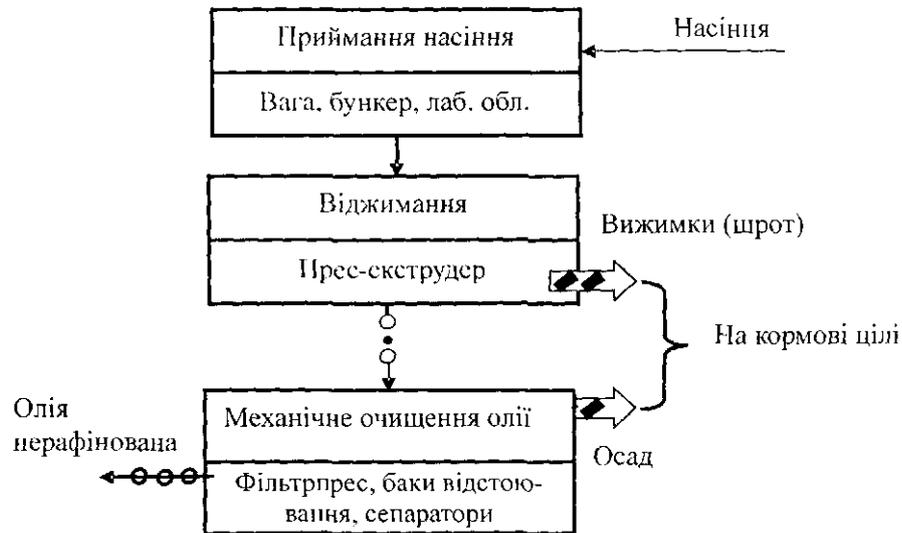


Рис. 1.7. Технологічна схема виготовлення олії без попередньої обробки насіння

2) *Нейтралізація* – процес видалення вільних жирних кислот та фосфоліпідів. Вільні жирні кислоти є найсильнішими каталізаторами окислення олії. Їхня присутність в нерафінованій олії призводить до того, що під час смаження на олії продуктів олія димить, продукти набувають неприсмного смаку та запаху. Наявність фосфоліпідів, що також видаляються під час нейтралізації, значною мірою призводить до нестабільності смаку і кольору олії під час нагрівання. Під час нейтралізації з олії окрім того видаляються важкі метали, пестициди і радіонукліди, які присутні в олійній сировині.

3) *Відбілювання* – обробка олії органічними (природного походження) адсорбентами, що поглинають пігменти (саме пігменти надають олії колір, але вони є каталізаторами окислення).

4) *Дезодорація* – видалення ароматичних речовин водяною парою під вакуумом. Під час цього процесу видаляються ароматичні речовини, що призводять до окислення олії, в олії зникає запах. Приготовані на

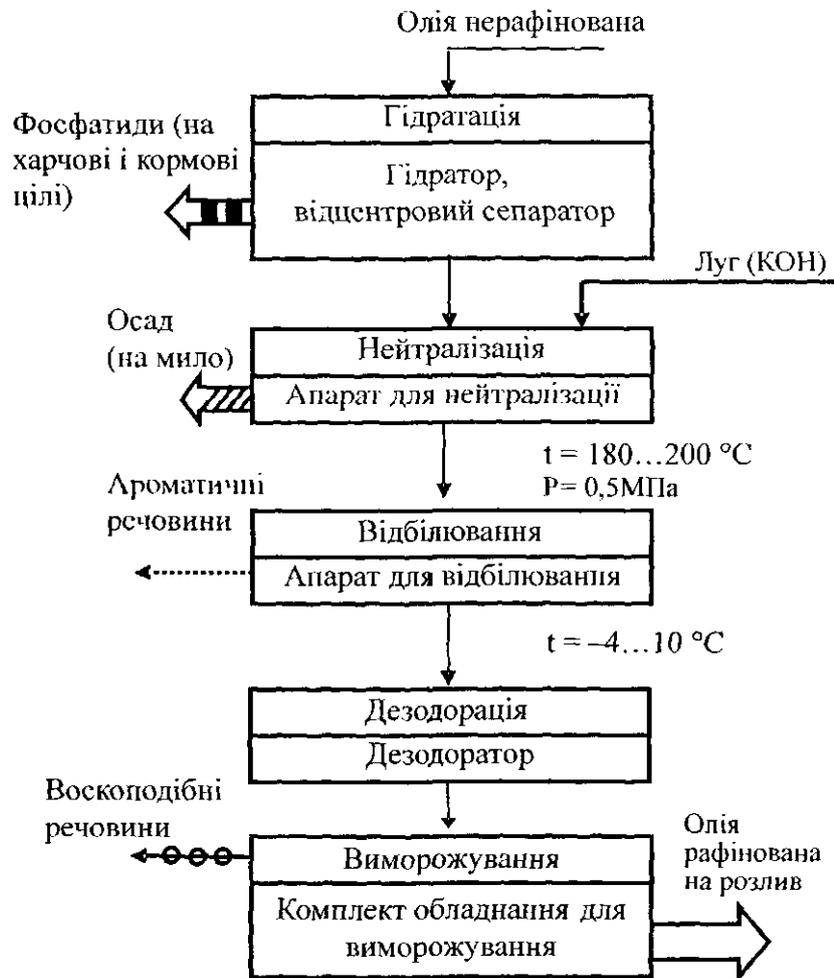


Рис. 1.8. Технологічна схема глибокого очищення олії

дезодорованій олії різноманітні продукти зберігають свій власний смак та запах, а не набувають смаку та запаху олії.

5) *Виморожування* – видалення воскоподібних речовин (воску). Віск захищає насіння від намокання, пересихання тощо, однак, сам він робить олію мутною.

## **1.2. Властивості зернопродуктів як об'єктів переробки та зберігання**

Зерно служить сировиною для багатьох галузей народного господарства. Практично всі галузі харчової промисловості в тій чи іншій мірі використовують зерно або продукти його переробки. З продовольчого зерна пшениці і жита виробляють борошно, з вівса, гречки, проса, пшениці, ячменю, кукурудзи, рису і гороху – крупи. Фуражне зерно і відходи борошномельного і круп'яного виробництв використовують у виробництві комбікормів.

Технологічні процеси зернопереробних виробництв виконують різноманітні обладнання і машини, дія яких спрямована на збереження без помітної втрати якості зерна або на перетворення його на продовольчі й кормові цілі. Ці процеси здебільшого складні, раціональне виконання їх не завжди може бути здійснено без врахування всебічних властивостей зерна. Це й транспортування зернової суміші пневматичним і механічним транспортом та очищення зерна від домішок із застосуванням вібрації, тертя, аеро- і гідродинамічної дії, лущення і подрібнення зерна ударом, стиском, сколюванням і різанням, пропарювання і сушіння зерна та інше. Від фізико-механічних і технологічних властивостей зерна багато в чому залежить вихід готової продукції стандартної якості.

Властивості зерна формуються під впливом великої групи випадкових факторів у процесі вегетації, післязбиральної обробки і збереження. Вони корелятивно зв'язані між собою. Тому при проектуванні нових машин і під час експлуатації існуючого обладнання потрібно вміти враховувати основні технологічні і фізико-механічні властивості зерна та продуктів його переробки, також знати методи їх визначення.

На переробних підприємствах властивості зернопродуктів оцінюють лабораторними прямими і непрямыми методами. Прямі методи передбачають безпосередню переробку зерна й оцінку його за кінцевими результатами: виходами (вкупі і по соргах) та показниками якості готової продукції; питомими експлуатаційними витратами, собівартістю виробництва та іншими економічними показниками. Економічні показники особливо важливі, тому що дають інтегральну оцінку

прийнятої технології, дозволяють раціонально вибрати машинну технологію та обґрунтувати програму виробництва.

Основним недоліком прямого методу є складнощі з побудовою адекватних статистичних моделей процесів, диференційовано відбиваючих впливи властивостей зерна на кінцеві результати виробництва. У зв'язку з цим розроблені непрямі методи оцінки властивостей окремих зернівок і зерна як сипкого матеріалу без проведення технологічних операцій на основі вивчення сукупності властивостей, до основних з яких відносяться такі:

- будова зернівки і її геометричні характеристики (розміри, форма, мікрорельєф, структура, хімічний склад);
- масові характеристики зерна (натура зерна, густина, щільність або насінна маса);
- шаруватість зернової маси;
- вологість зернової маси;
- фрикційні властивості (коефіцієнти або кути зовнішнього і внутрішнього тертя);
- аеродинамічні та гідродинамічні властивості (швидкість витання, коефіцієнти парусності та аеро- і гідродинамічного опорів);
- характеристики міцності (модулі пружності, границі міцності);
- теплофізичні властивості (теплоємність і теплопровідність).

Кількісні характеристики приведених властивостей знаходяться в складній залежності між собою, від режимів збереження і післязбиральної обробки зерна та параметрів навколишнього середовища. Усі перелічені показники впливають на вибір технологічних режимів сепарування, гідротермічної обробки, подрібнення, плющення тощо.

**Базисні та обмежувальні норми на зерно.** У залежності від призначення (для посіву або для продовольчих і фуражних цілей) до зерна пред'являються різні технологічні вимоги.

Продовольче й фуражне зерно, призначене для переробки зернопереробними підприємствами, повинне задовольняти базисним нормам або вимогам обмежувальних норм (табл. 1.1), які встановлені відповідними державними стандартами і технічними умовами. Базисні норми є основними, вони забезпечують нормальні продовольчі та фуражні якості зерна, його тривале зберігання з мінімальними витратами

Таблиця 1.1

## Базисні та обмежувальні норми на зерно

Культура	Натура зерна, г/л	Вологість, %	Вміст домішок не більше, %			
			базис-на норма	обмежу-вальна норма	базис-на норма	обмежу-вальна норма
			сміттєвої		зернової	
Жито	715	14,0	1	5	1	15
Пшениця: – озима	755	14,5	1	1	3	
– яра тверда I класу	770	14,0	1		2	
– яра тверда II класу	745					
Овес		14,0	1		2	
Гречка		14,0	1		1	
Просо		13,0	1		1	
Сорго		14,0	2		2	
Кукурудза на зерно		14,0	1	5	2	15
Сочевиця: – великонасінна		17,0	3		2	
– дрібнонасінна		17,0	3		10	
Горох (зелений, жовтий), нут, боби кормові		16,0	1		2	
Горох сірий і нут кормовий		16,0	1		4	
Чина		16,0	2		3	
Вика яра та озима		16,0	1		4	
Люпин кормовий		16,0	1		4	
Квасоля		17,0	3		2	15

ресурсів. Обмежувальні норми є граничнодопустимими, за яких зерно ще може прийматись на переробку.

До числа основних базисних показників продовольчого зерна, відносять натурну вагу і ступінь засміченості різними домішками та вологість. Домішки поділяють на такі:

- мінеральні (земля, пісок, галька тощо);
- органічні (смітна і зернова: часточки стебел, листя і колосків, плівки, насіння дикоростучих рослин, зернівки основної культури з явно зіпсованим ядром та зернівки неосновної культури);
- продукти зносу робочих органів машин (металомагнітна домішка).

Установлені чотири стани вологості зерна: сухе зерно – вологість до 14 % включно, середньої сухості – від 14 до 15,5 %, вологе – від 15,5 до 17 %, сире – понад 17 %.

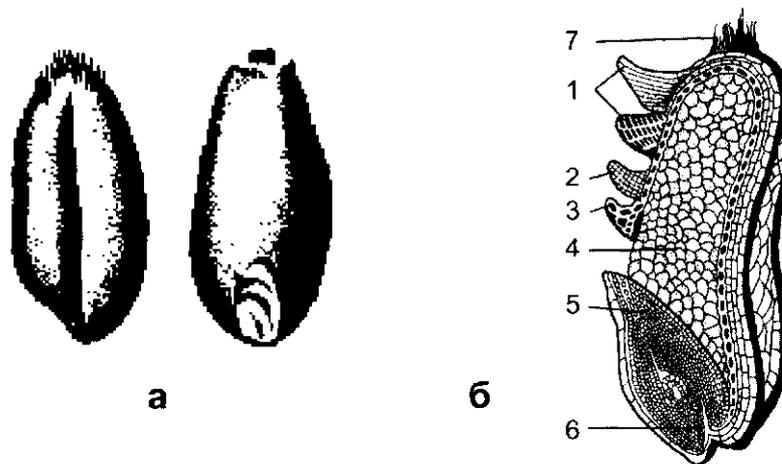
Щоб забезпечити нормальні умови збереження зерна підвищеної вологості і заміченості його очищають і сушать.

До складу шкідливої смітної домішки відносяться насіння ріжки, сажки, в'язів барнистий, гірчак, геліотроп опушеноплідний та інші, до зернової домішки – недорозвинені, щуплі, биті, роздавлені, зморщені, поїдені, пророслі, деформовані, плісняві зерна. Крім того, до складу зернової домішки пшениці входять зернівки жита і ячменю, жита – зернівки ячменю, ячменю – зернівки вівса, гороху – зернівки сочевиці.

Більшість домішок органічного походження відрізняється від зерен основної культури значною гігроскопічністю, вологість їх значно вища, ніж зернівок основної культури. Тому найшвидше видалення їх із свіжого зібраного зерна є важливим для забезпечення схоронності зерна без істотних втрат і псування. Крім того, насіння деяких бур'янів, потрапляючи в здрібненому виді в зернопродукти, погіршує їх якість, а в деяких випадках роблять непридатними для продовольчих і кормових цілей.

**Будова зернівки і її геометричні характеристики.** Зернівки різних культур відрізняються анатомічною будовою, хімічним складом, фізико-механічними властивостями складових частинок, формою і мікро-рельєфом поверхні. Для прикладу на рис. 1.9, 1.10 наведена будова зернівок пшениці і гречки.

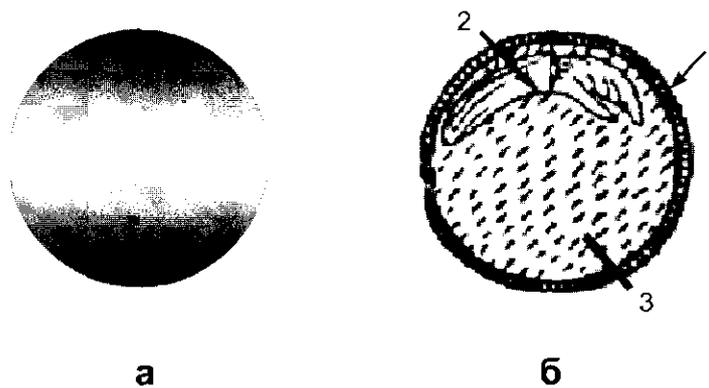
Зернівки пшениці, жита, ячменю, рису, вівса, насіння соняшнику та інші мають видовжену форму, розміри цих зернівок: довжина, ширина і товщина – різні. Горох, просо, сорго мають форму, яка мало різниться від кулястої, форма бобів сої – сліпгичка. Лінійні розміри зернівок різних культур коливаються в значних межах (табл. 1.2), вони не тільки



*Рис. 1.9. Зернівка пшениці:*

а – загальний вигляд; б – поздовжній переріз:

1 – плодова оболонка; 2 – насінна оболонка; 3 – алейроновий шар;  
4 – ендосперм; 5 – щиток; 6 – зародок; 7 – борідка



*Рис. 1.10. Зернівка гороху:*

а – загальний вигляд; б – поперечний переріз:

1 – плодова оболонка; 2 – зародок; 3 – сім'ядоля

Таблиця 1.2

**Межі зміни лінійних розмірів і масових характеристик  
зерна різних культур**

Культура	Розміри, мм			Густина, 10 <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>	Шпаруватість, %	Насинна маса, кг/м <sup>2</sup>
	довжина	ширина	товщина			
Пшениця	4,8...8,0	1,6...4,0	1,5...3,3	1,2...1,5	35...45	730...850
Жито	5,0...10,0	1,4...3,6	1,2...3,5	1,2...1,5	35...45	680...750
Овес	8,0...18,6	1,4...4,0	1,0...4,0	1,2...1,4	50...70	400...550
Ячмінь	7,0...14,6	2,0...5,0	1,2...4,5	1,2...1,4	45...55	580...700
Рис	5,0...7,0	2,5...2,8	2,0...2,5	1,19...1,26	55...65	440...550
Гречка	4,2...6,2	2,8...3,7	2,4...3,4	0,85...1,25	50...60	560...650
Кукурудза	5,5...13,5	5,0...11,5	2,5...8,0	1,35	35...55	680...820
Горох	4,0...8,8	4,0...9,0	3,0...9,0	1,4	40...50	790...880
Просо	1,8...3,2	1,5...2,0	1,5...1,7	1,1...1,2	30...50	680...780
Соняшник	7...15	2,5...8,0	1,5...6,00	0,68...0,70	60...70	300...400
Соя	5,0...10,5	3,5...8,0	3,0...6,0	1,18	—	—

залежать від виду і сорту рослини, але в значній мірі від умов вирощування.

**Масові характеристики зерна.** Основні масові характеристики зерна такі: *натура* й *густина*; *цілізність* і *насинна маса* зерна.

*Натурою* зерна називають масу певного його об'єму. В Україні натура зерна визначається масою одного літра зерна у грамах.

*Густина* окремої анатомічної частини зернівки – відношення маси цієї частини зернівки до її об'єму, *густина* зернівки (середня густина) – відношення маси зернівки до об'єму зернівки. Густиши окремих анатомічних частин зернівки істотно різні, наприклад, густина ендосперму пшениці – 1,47...1,58 т/м<sup>3</sup>, оболочок – 1,07...1,12 т/м<sup>3</sup>. Ендосперм, у якому переважає крохмаль, має найбільшу густину, а оболочки – найменшу. Щупле зерно, з погано розвитим ендоспермом, має меншу густину, чим виповнене зерно. Консистенція ендосперму також впливає на його густину: склоподібний ендосперм має більшу густину, ніж борошністий ендосперм. В міру дозрівання зерна густина його підви-

щується. Так, середня густина зернівок пшениці у фазі молочної зрілості дорівнює  $1,15 \text{ т/м}^3$ , у восковій вона досягає  $1,24 \text{ т/м}^3$ , а при повній зрілості  $1,33 \text{ т/м}^3$ . Густина насіння олійних культур, в якому вміст рослинного жиру суттєво більший чим у пшениці, менше густини зернівок пшениці, наприклад, середня густина насіння сояшика складає  $0,94 \text{ т/м}^3$ .

Різницю в густині зернівок і домішки (мінеральної і органічної) використовують у зерноочисних сепараторах для її видалення із зерна.

*Шпаруватість зернової маси* – відношення об'єму міжзернового простору до загального об'єму, який займає вся маса зерна. Шпаруватість залежить від форми, розмірів і стану поверхні зернівок, засмічності та злеглості зернової маси. Шпаруватість впливає на величину аеродинамічного опору шару зерна при продуванні його повітряним потоком: чим більша шпаруватість, тим менший опір.

*Густина зернової маси* – відношення маси зернівок в даному об'ємі до сумарного об'єму зернівок.

*Насипна маса* – відношення маси зерна певної злеглості до загального об'єму, який займає вся маса зерна. Насипна маса залежить від щільності зерна, його вологості та залеглості, яка утворюється при вільному насипанні зерна у разі його падіння з висоти, яка не перевищує 2,5 м. У таблиці 1.2 наведені значення шпаруватості та насипної маси зерна основних сільськогосподарських культур при нормальній їх залеглості.

Важливими технологічними характеристиками продовольчого зерна є: вміст ядра в зерні або вміст інших його складових (табл. 1.3).

**Фрикційні властивості зерна.** Форма вільної поверхні зерна в буртах, бункерах та характер цього зерна в робочих просторах машин (на ситах, в латках машин тощо) значною мірою визначається силами тертя і зчеплення в зонах контактів зернівок між собою, опорними стінками та робочими органами. Ці сили залежать від коефіцієнтів зовнішнього і внутрішнього тертя і розподілені по зерну зовнішніх сил та сил інерції.

*Зовнішнє тертя* характеризує процес зсуву зерна по обмежувальній поверхні (стінці бункера), який в першому наближенні описується законом Амонтона – Кулона. Згідно з законом Амонтона – Кулона

Таблиця 1.3

## Відносний вміст складних частин зерна, %

Частини та плив- частість зерна	Культура				
	пшениця	жито	ячмінь	гречка	просо
Ендосперм	74,0...85,0	75,00...79,00			
Оболонки:					
плодові	4,20...6,30	4,80...5,50			
насіни	3,10...4,80	1,90...2,80			
Алейроновий шар	6,00...10,5	10,00...13,00			
Зародок	1,40...3,10	3,40...4,00			
Ядро	89...93	89...93		71...	74...
Щирість	7...11	6...8	8...15	18...26	16...25

дотична напруга на поверхні розділу “стінка – зерно” пропорційна величині тиску зерна на стінку. В цій залежності коефіцієнт пропорційності при відсутності відносного руху називають статичним коефіцієнтом зовнішнього тертя ковзання, при наявності руху зерна відносно стінки – динамічним коефіцієнтом зовнішнього тертя ковзання.

Динамічний коефіцієнт зовнішнього тертя для зерна пшениці, ячменю, кукурудзи та інших по поверхні з різних матеріалів зі швидкістю руху до 1 м/с знаходиться в межах  $f_d = 0,3...0,5$  (табл. 1.4). Динамічний  $f_d$  і статичний  $f_c$  коефіцієнти зовнішнього тертя перебувають у залежності

$$f_d = (0,3...0,5) f_c. \quad (1.1)$$

*Внутрішнє тертя* існує в зонах контакту зернівок між собою, сили внутрішнього тертя мають складний характер зміни, залежать від величини і законів зміни розподілених в зерновій масі зовнішніх сил (сил гравітації та інерції), величини площадок контактів зерен, розмірів і числа зернівок та їх вологості, форми і мікрорельєфу площадок, кінематичних характеристик відносного руху зерна й інших факторів. Складність процесу формування внутрішніх сил тертя не дає змоги побудувати універсальний закон, який якісно і кількісно описував би

процес. Дослідами встановлена емпірична залежність коефіцієнта внутрішнього тертя ковзання для сипких матеріалів, яка має вигляд:

$$f = \psi \cdot d^n \beta, \quad (1.2)$$

де:  $d$  – характерний розмір часточки сипкого матеріалу;  $\psi$ ,  $n$ ,  $\beta$  – сталі величини. Для зернових мас  $f$  залежить від орієнтації і вологості зернівок, сталі  $\psi$ ,  $n$ ,  $\beta$  – не визначені. В інженерних розрахунках застосовують спрощену модель зернової маси нехтуючи силами зчеплення між шарами зерна, тобто зерно розглядають як ідеальний сипкий матеріал, коефіцієнт внутрішнього тертя зерна приймають рівним тангенсу кута природного укосу, який визначають за умови рівноваги складової гравітаційної сили і сили тертя в напрямку твірної поверхні природного укосу, тобто

$$mg \sin \varphi' = F', \quad (1.3)$$

де:  $m$  – маса зернівки;  $g$  – прискорення земного тяжіння;  $\varphi'$  – кут природного укосу (рис. 1.11);  $F'$  – сила тертя, яка виникає між шарами зерна від дії гравітаційної сили:

$$F' = f' N = f' mg \cos \varphi', \quad (1.4)$$

де  $N$  – нормальна реакція шару зерна на зернівку.

Із рівнянь рівноваги (1.3), (1.4) маємо

$$f' = \operatorname{tg} \varphi', \quad (1.5)$$

$$\varphi' = \operatorname{arctg} f'. \quad (1.6)$$

Кути природного укосу зернових мас та інших сипких матеріалів (кути внутрішнього тертя матеріалів) визначають за допомогою спеціального влаштування (рис. 1.12). Основними частинами влаштування є плоска плита 1, на якій нанесена радіально розміщена міліметрова шкала у вигляді концентричних кіл з центром посередині, напрямної 2, на якій нанесена шкала з початком відліку від площини плити 1, та гвинтового механізму піднімання 3 кінцевої місткості 4 із заслінкою 5. При повільному підніманні місткості із зерном з відкритою заслінкою, зерно витікає із місткості на плиту 1, формується купа зерна у вигляді конуса висотою  $h$ , радіусом основи  $r$  і кутом нахилу твірної конуса до

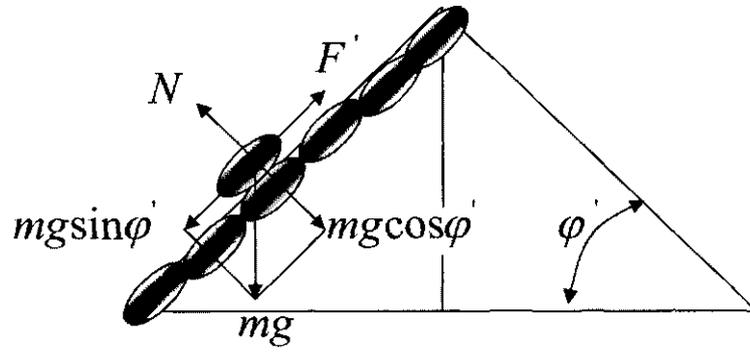


Рис. 1.11. Схема сил до визначення кута внутрішнього тертя

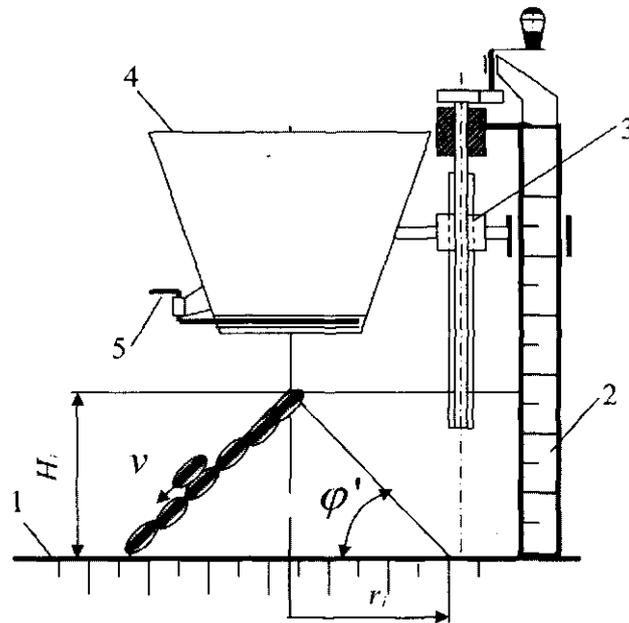


Рис. 1.12. Схема приладу для вимірювання внутрішніх кутів тертя зернопродуктів:

1 – плоска плита, 2 – шкала, 3 – гвинтовий механізм, 4 – кінцева місткість, 5 – заслінка

основи  $\varphi$ . Як тільки припиняється рух поверхнєвого шару зерна ( $v \approx 0$ ), тобто настає рівноважний стан масиву зерна, кут при основі конуса стає рівним куту внутрішнього тертя ( $\varphi_i = \varphi'_i$ ). Для цього стану записують значення величин  $h_i, r_i$  в  $i$ -му досліді. Коефіцієнти і кути внутрішнього тертя ковзання обчислюють за формулами:

$$f'_i = \operatorname{tg} \varphi_i = \frac{h_i}{r_i}, \quad (1.7)$$

$$\varphi'_i = \operatorname{arctg} f'_i. \quad (1.8)$$

За даними серії дослідів обчислюють середнє значення коефіцієнта і кута внутрішнього тертя ковзання. Значення коефіцієнтів і кутів тертя ковзання основних зернових культур наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

**Значення коефіцієнтів тертя зерна вологістю 12...10 %**

Культура	Статичні коефіцієнти зовнішнього тертя			Коефіцієнт внутрішнього тертя
	по дереву	по сталі	по бетону	
Пшениця	0,40	0,37	0,40	0,47
Жито	0,40	0,37	0,42	0,49
Овес	0,45	0,37	0,45	0,51
Ячмінь	0,40	0,37	0,43	0,51
Рис	0,44	0,37	0,43	0,51
Гречка	0,44	0,37	0,42	0,52
Кукурудза	0,35	0,37	0,42	0,53
Горох	0,32	0,37	0,30	0,55
Просо	0,40	0,34	0,34	0,52
Соняшник	0,46	0,40	–	0,50

**Сипкість і самосортування зерна.** Сипкість характеризують кутом природного укусу, який залежить від розмірів та форми зернівок, стану їх поверхні, характеру домішок та вологості зерна. З підвищенням вологості сипкість зменшується (кут природного укусу зростає). З підвищенням вологості зернової маси пшениці з 15 до 35 %, кукурудзи – з 15 до 25 %, соняшнику – з 7 до 25 % кут природного

укосу зростає відповідно з 30 до 38°, з 30 до 40° і з 31 до 42°. Сипкість зернової маси враховують під час проєктування бункерів зерна, самопливних лотків і матеріалопроводів, вибирання розмірів, форми, кутів нахилу різних вузлів зернопереробних машин.

Розшарування компонентів зернової суміші, що мають приблизно однакові розміри і різну густину, яке відбувається під час її переміщення, називають *самосортуванням*. Найбільш інтенсивно процес самосортування відбувається на віброуючих робочих поверхнях машин при продуванні зерна висхідним повітряним потоком, що застосовують в сепараторах зернопродуктів пневмовібраційної дії. Негативним наслідком самосортування зерна є скупчення у деяких місцях машини (самопливних лотках і матеріалопроводах) легкої домішки з малою сипкістю. Це може призвести до закривання руху зерна, його пересушування в сушарках, порушенню робоздатності технологічної лінії. Щоб запобігти цьому, застосовують механічні активатори і аспіраційні канали для попередження цих явищ.

**Аеродинамічні властивості зернової маси.** Розрізняють аеродинамічні властивості компонентів розріджених зернових мас при їх русі в повітряному просторі і нерухокої ущільненої маси зерна в засіках, буртах, силосах.

*Аеродинамічні властивості компонентів розріджених зернових мас* (зернівок та інших компонентів зерна) характеризують *критичною швидкістю потоку повітря  $v_{кр}$*  (швидкістю витання) і *коефіцієнтом опору повітря  $k$*  в аеродинамічному каналі, в якому вони рухаються.

*Швидкість витання.* На зернівку чи іншу часточку зернової суміші, яка знаходиться у вертикальному повітряному потоці, діє сила тяжіння  $G$  і аеродинамічна сила опору  $R$  (рис. 1.13). Рівняння руху часточки у формі Ньютона має вигляд:

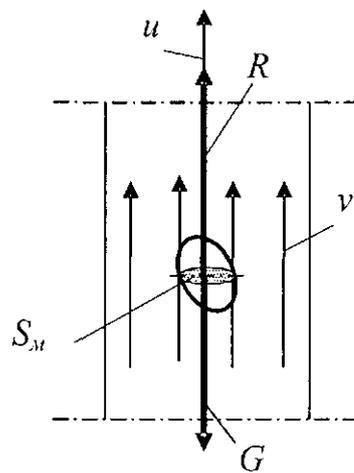


Рис. 1.13. Схема сил, що діють на зернівку у висхідному повітряному потоці

$$m \frac{dv_a}{d\tau} = -G + R, \quad (1.9)$$

де:  $v_a = v - u$  – відносна швидкість руху часточки у вертикальному повітряному потоці, м/с;

$v, u$  – абсолютна швидкість повітря і часточки (зернівки) відповідно, м/с;

$G, R$  – відповідно сила тяжіння і аеродинамічного опору,  $H$ .

Аеродинамічна сила опору, що діє на часточку, залежить від відносної швидкості руху, форми, орієнтації часточки в повітряному потоці та стану її поверхні і числа Рейнольдса, і для ламінарного режиму руху, описується виразом:

$$R = k\rho S_n v_a^2 \operatorname{sign} v_a, \quad (1.10)$$

де:  $k = \text{const}$  – коефіцієнт аеродинамічного опору повітря;  $\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $S_n$  – міделевий переріз зернівки (проекція зернівки на площину, перпендикулярну до напрямку повітряного потоку;  $\operatorname{sign} v_a$  – знакова функція:

$$\operatorname{sign} v_a = \begin{cases} +1, & v_a \geq 0 \\ -1, & v_a < 0 \end{cases}, \quad (1.11)$$

яка відбиває зміну напрямку дії сили опору  $R$  в залежності від зміни знака відносної швидкості руху часточки  $v_a$ .

Корисним для практики є рівномірний режим руху часточки в повітряному потоці, коли відносна швидкість руху  $v_a = v - u = \text{const} \neq 0$ , тобто відносне прискорення часточки  $\frac{dv_a}{d\tau} = 0$ . Частка буде знаходитись у завислому стані, коли абсолютна її швидкість  $u = 0$ . Тоді  $v_a = v_k > 0$ , рівняння (1.9) – (1.11) дають:

$$R = k\rho S_n v_k^2 = G, \quad (1.12)$$

$$v_k = \sqrt{\frac{G}{k\rho S_n}}. \quad (1.13)$$

Швидкість повітряного потоку  $v_k$  (1.13) називають *критичною*, або швидкістю витання часточки. Її визначають експериментальними

методами з використанням аеродинамічного класифікатора або аеродинамічної труби. Експериментальне визначення коефіцієнта опору повітря  $k$  є досить складним завданням, оскільки він залежить від багатьох нестабільних факторів: форми та шорсткості поверхні досліджуваної часточки (зернівки), швидкості потоку повітря тощо. Тому їх вичисляють за даними експериментальних значень швидкостей витання зернистих мас за формулою (1.13). У таблиці 1.5 наведені числові значення швидкості витання і коефіцієнта опору повітря зернівок деяких культур і часточок домішок зернової суміші.

Рівниця швидкостей витання компонентів зернопродуктів використовують для розділення на фракції при очищенні від домішок і сортуванні за якістю аспіраторами і ситовими машинами.

*Аеродинамічний опір нерухомої ущільненої зернової маси.* Під час просіювання мисткоостей для зосередження зерна та їх експлуатації необхідно вміти визначити аеродинамічний опір шару зерна при продуванні його повітрям (газом). Цей опір в загальному вигляді визначається зменшенням тиску  $\Delta H$  тиску повітря (Па) на виході із шару зерна і залежить від товщини шару зерна, шпаруватості зернової маси і стану поверхні зерен, швидкості руху та інших параметрів повітря. Він обчислюється за формулою:

$$\Delta H = \lambda \frac{h}{d_{\text{ек}}} \frac{6K\Phi}{(1-K)^3} \rho \frac{v^2}{2}, \quad (1.14)$$

де:  $\lambda$  – коефіцієнт аеродинамічного опору:

$$\lambda = \frac{k_1}{Re} + \frac{k_2}{(Re)^n}, \quad (1.15)$$

де:  $Re$  – число Рейнольдса;  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $n$  – експериментальні сталі, які залежать від режиму руху повітря (для ламінарного руху –  $k_1 = 9$ ,  $k_2 = 0$ ; для турбулентного –  $k_1 = 9$ ,  $k_2 = 1$ ,  $n = 0,16$ ;

$K$  – щільність укладання зерна:

$$K = \frac{\rho_z}{\rho_u}, \quad (1.16)$$

$\rho_z$ ,  $\rho_u$  – відповідно густина зерна і насипна маса зерна (табл. 1.2);

Таблиця 1.5

## Критичні швидкості і коефіцієнти опору зернівок і 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:		
– довжиною шматочків 15...20 мм з міжвузлями;	8,0...10,0	–
– довжиною шматочків 15...40 мм без міжвузлів	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 діаметром часточки не більше 0,5 мм:		
– органічного походження	< 2,6	–
– мінерального походження	< 4,2	–

$\Phi$  – коефіцієнт форми зернівки (для пшениці –  $\Phi = 0,52$ , для жита –  $\Phi = 0,42$ ; для кукурудзи –  $0,65$ ; для гороху і проса  $\Phi = 0,92...0,96$ ; для гречки –  $0,62$ );

$\rho$  – густина повітря (газу), яким продувається зерно;

$d_e$  – еквівалентний діаметр зернівок, м.

**Характеристики міцності зерна.** Характеристики міцності відбивають механічні властивості зернівок різних культур створювати опір деформації певного виду при їх статичному і динамічному навантаженні.

*Статичні показники міцності.* Основними показниками механічних властивостей зернопродуктів є міцність, крихкість, в'язкість і мікротвердість. Міцність окремих зернівок оцінюють за величиною руйнівної напруги  $\sigma_r$  (Па), яку беруть рівною тимчасовому опору під час стискання. Експериментально встановлено, що діаграми стискання зернівок для зерна різних культур подібні до діаграм пружнопластичних або пружно-в'язкопластичних матеріалів, міцність зернівок в одній партії зерна відповідає нормальному закону розподілу. За статичного стискання зерна пшениці різної вологості суттєво змінюється міцність (рис. 1.14). Зі збільшенням вологості знижуються пружні і розвиваються пластичні властивості зерна. При цьому в різних культур

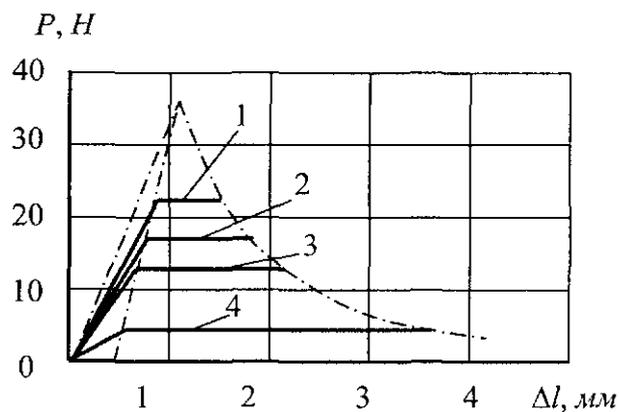


Рис. 1.14. Діаграма стискання зерна пшениці різної вологості (за даними З.Д. Гончарової):

1 – В = 13 %; 2 – В = 15 %; 3 – В = 18 %; 4 – В = 30 %

ці зміни різні. Зображення кривих для наочності спрощено, в експерименті перехід між першою і другою ділянкою відбувається не настільки різко, а друга ділянка являє собою плавну криву.

За статичного стискування зерен основних злакових культур при їх базисній вологості ( $B = 12\%$ ), коли за сталон міцності взято міцність ячменю у відсотках (100%), то міцність зерна пшениці становить - 90%, жита - 83%, вівса без плівок - 65%. Міцність зернівок ячменю знаходиться в межах  $\sigma_p = 4,7...9,5$  МПа.

Діаграми стискування (рис. 1.14) дають змогу визначити числові значення показників міцності та інших числових характеристик (пластичності, в'язкості).

Показник пластичності визначають за формулою:

$$e = \ln [1/(1 - \varepsilon)], \quad (1.17)$$

де  $\varepsilon$  - відносна деформація стискування.

Модуль пластичності обчислюють за виразом:

$$E = 100 (\sigma_p - \sigma_m)/e, \quad (1.18)$$

де:  $\sigma_p$ ,  $\sigma_m$  - відповідно величина руйнівної напруги і межа текучості, Па. Для основних злакових культур  $E = 9,5...11$  МПа визначає здатність матеріалу сприймати навантаження руйнуванню (здрібнюванню). Для оцінки її використовують різні міри: границя текучості, тимчасовий опір, межа міцності і т. п.

Показником в'язкості зерен є питома робота руйнування  $A_p$ , яка дорівнює площі діаграми стискування, віднесеної до одиниці об'єму деформованої зернівки. Цей показник для зернівок різних культур при загальній мінливості напружень  $\sigma_p$ ,  $\sigma_m$  є відносно сталим і знаходиться в межах  $A_p = 0,65...0,90$  Дж/м<sup>3</sup>.

*Динамічні характеристики міцності.* Зерно як і багато інших матеріалів має властивість підвищувати свою міцність зі збільшенням швидкості навантаження.

У багатьох робочих машинах переробних виробництв зерно піддається динамічному навантаженню (оббивання, лушення і подрібнення зерна машинами ударної дії), тому показники міцності, отримані за умов статичних навантажень без врахування швидкості деформування

не віддзеркалюють робочі процеси в повній мірі. Наприклад, динамічна межа міцності зерна ячменю в середньому дорівнює 12,70 МПа, що перевищує статичну міцність на 76 %.

Через складність визначення динамічних характеристик міцності матеріалів в інженерній практиці зазвичай використовують статичні характеристики. Однак вони недостатні для виконання розрахунків машини ударної дії. Для врахування динамічних навантажень у формули для розрахунку міцності вводять поправочний коефіцієнт динамічності  $K_d$  (для зернопереробних машин ударної дії його беруть в межах  $K_d = 1,5 \dots 2,0$ ).

*Мікротвердість зернівок* – здатність її поверхневих шарів створити опір місцевій деформації – здавленню. Відповідно до цього мікротвердість  $M$  (МПа) зерна оцінюють по величині відбитка алмазної пірамідки на поверхні зрізу за допомогою приладу ПМТ-3.

Мікротвердість залежить від вологості, температури, швидкості навантаження, попередньої технологічної обробки зерна. Для зернівок різних культур і анатомічних частин вона неоднакова. За даними досліджень З.Д. Гончарової, зерно різних культур по величині мікротвердості ендосперму можемо розмістити в такій послідовності: кукурудза – рис – скловидна пшениця – ячмінь – борошниста пшениця – жито – гречка – овес. Мікротвердість сухого зерна кукурудзи досягає 250 МПа, майже на такому ж рівні знаходиться мікротвердість рису, у півса вона не перевищує межі 40 МПа. Таке співвідношення мікротвердості зерен перелічених культур відбиває особливості мікроструктури ендосперму.

На рисунку 1.15 приведені графіки зміни мікротвердості  $\sigma_m$  скловидного і борошністого ендосперму пшениці в залежності від вологості. Різниця значень мікротвердості дуже велика, і характер зміни її також розрізняється.

При вологості вище 16 % мікротвердість борошністого ендосперму стає незмінною, у той час як у скловидного процес перебудови структури інтенсивно продовжується і при вологості 17 %.

Інтенсивне зниження мікротвердості починається при 14,5 % вологості. Це зв'язано з набряканням білків, а також з утворенням мікротріщин в ендоспермі зерна.

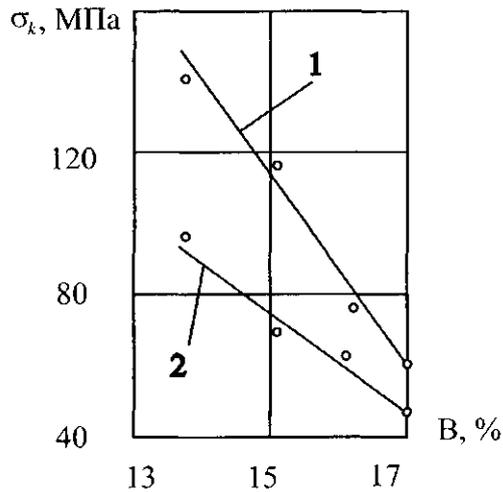


Рис. 1.15. Залежність мікротвердості ендосперму пшениці від вологості: 1 – скловидна; 2 – борошніста

**Теплофізичні властивості зернового масиву.** До них відносяться теплоємність, теплопровідність, температуропровідність та теплоактивність зернового масиву. Теплофізичні властивості масиву зерна залежать від його вологості, температури, виду культури, від форми, розмірів зернівок та щільності складання.

*Теплоємністю* називають здатність зерна сприймати й утримувати тепло. Теплоємність зерна в основному визначається його вологістю.

Питому теплоємність (Дж/(кг·К)) обчислюють за формулою:

$$c = \frac{B}{100} c_B + \frac{100 - B}{100} c_c, \quad (1.19)$$

де:  $B$  – вологість зерна, %;

$c_B$  і  $c_c$  – відповідно питома теплоємність зв'язаної води і сухої речовини зерна:  $c_B = 4,2$  кДж/(кг·К),  $c_c = 1,48$  кДж/(кг·К)

Питомі теплоємності зерна і зернового шару практично однакові, оскільки маса повітря міжзернового простору мала порівняно з масою зерна. Залежність питомої теплоємності зерна від його вологості і температури ілюструє графік (рис. 1.16). За вологості зерна 25 % вона практично не залежить від температури, за меншої вологості з підвищенням температури – підвищується, а за більшої, навпаки, знижується.

У разі збільшення вологості від 16 % до 20 % теплоємність пшениці зростає з 1,80 до 2,10 кДж/(кг·К), а ячменю – з 1,71 до 2,00 кДж/(кг·К).

У разі зміни вологості зерна від 10 до 30 % за температурою 30 °С питома теплоємність його змінюється від 1,64 до 2,43 кДж/(кг·К).

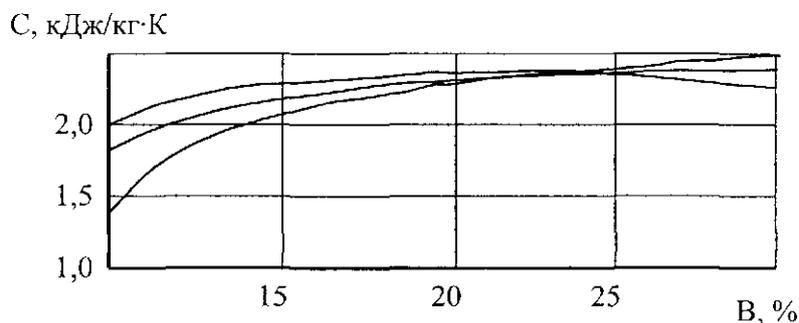


Рис. 1.16. Залежність питомої теплоємності зерна від його вологості і температури:  
1 –  $t = 0^\circ$ ; 2 –  $t = 28^\circ$ ; 3 –  $t = 60^\circ \text{C}$

Питома теплоємність 4,18 кДж/(кг·К).

*Теплопровідність* характеризує кількість тепла, яке проходить через  $\text{m}^2$  поверхні за секунду при градієнті температури, рівному  $1^\circ \text{K}/\text{m}$ . Теплопровідність однієї зернини приблизно дорівнює  $0,1 \dots 0,4 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Теплопровідність зернової маси у 3–5 разів менша за теплопровідність однієї зернини через наявність у ній повітряних порожнин. Внаслідок низької теплопровідності зернова маса здатна тривалий час зберігати сталу температуру.

Теплопровідність зерна визначають за формулою:

$$\lambda = \frac{q}{dt/dn}, \quad (1.20)$$

де:  $q$  – тепловий потік,  $\text{Вт}/\text{m}^2$ ;  $dt/dn$  – градієнт температури,  $\text{град}/\text{м}$ .

Теплопровідність зернового шару зі збільшенням вологості маси спочатку зростає, а далі зменшується (рис. 1.17).

*Температуропровідність.* Температуропровідністю називають здатність зернової маси передавати температуру. Кількісною характеристикою температуропровідності є коефіцієнт, що характеризує швидкість нагрівання або охолодження зерна. Його визначають за формулою:

$$\alpha = \lambda / c_p, \quad (1.21)$$

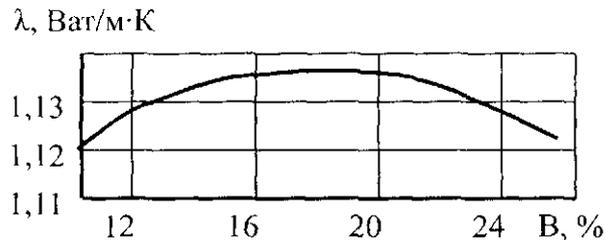


Рис. 1.17. Залежність теплопровідності шару зерна пшениці від його вологості

де:  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності зерна, Вт/(м·К);  $c$  – питома теплоємність зерна, Дж/(кг·К);  $\rho_n$  – насипна маса зерна, кг/м<sup>3</sup>.

Температуропровідність зерна не є сталою. У зерновому шарі зі збільшенням вологості зерна від 10 до 25 % температуропровідність безперервно знижується. Зерно має дуже низький коефіцієнт температуропровідності, тобто велику теплову енергію.

Для шару пшениці за температури зерна 25 °С та вологості 10...26 % він змінюється у межах 409...460, для ячменю – 379...426 Дж/(м<sup>2</sup>·К·с<sup>1/2</sup>).

*Термостійкість зерна.* Важливою властивістю зерна є його термостійкість; її оцінює граничнодопустиме нагрівання зерна без погіршення його якості (денатурації білків, клейстеризації крохмалю та ін.). Термостійкість зерна значною мірою визначається термостійкістю білків і залежить від вологості зерна. Для зерна основних культур гранична температура нагрівання не повинна перевищувати 55...65 °С.

### 1.3. Загальна класифікація машин та обладнання

Майже всі виробничі процеси у зернопереробних виробництвах пов'язані з обробкою зернопродуктів, зміною їх властивостей механічними, фізичними, хімічними та іншими способами. Процеси обробки зернопродуктів, здійснювані штучним впливом на них для досягнення їх певних якісних і кількісних змін (форми, розмірів, властивостей тощо), називаються *технологічними*. Є різні способи штучного впливу на об'єкти, що обробляються, але кожний технологічний процес здійснюється за рахунок затрат і перетворення енергії, що надходить від її джерела.

Технологічні процеси, що ґрунтуються на механічній роботі, пов'язаній зі зміною форми, розмірів, структури та властивостей об'єктів, що обробляються, називаються *механічними*, а якщо вони здійснюються за допомогою машин – *машинними*. Технологічні процеси, що протікають у силовому полі (електричному, тепловому та ін.) без затрат механічної енергії, називаються *апаратними*.

Отже, залежно від виду і затрачуваної і перетворюваної в технологічних процесах енергії технологічне обладнання може бути віднесене або до машин, або до апаратів. Такий поділ його є умовним, оскільки є обладнання, в якому механічна обробка супроводжується нагріванням, охолодженням, масообміном тощо.

За допомогою машин здійснюють механічну обробку об'єкта, яка супроводжується затратами кінетичної енергії і перетворенням її в роботу, а за допомогою апаратів – немеханічну обробку об'єкта певним видом енергії.

Загальні властивості технологічного обладнання, що відображують його принципові особливості, покладені в основу його класифікації.

Технологічне обладнання класифікують за двома ознаками: відносним рухом об'єкта, що обробляється, та за рівнем і видом системи автоматизації. За першою ознакою технологічне обладнання переробних виробництв поділяють на три класи:

- циклічні, однопозиційні, непрохідні машини; в них продукт впродовж обробки займає одну позицію або в її межах відбувається незначне його переміщення;
- машини багатопозиційні, розривно-потоккові, зазвичай з циклічними механізмами; в них об'єкт обробки періодично переноситься від позиції до позиції, а під час зупинок зазнає обробки;
- машини безперервно-потоккові; принцип їх дії полягає в поєднанні технологічних операцій з безперервним і рівномірним просуванням об'єктів переробки.

За рівнем і видом автоматизації розрізняють прості, напівавтоматичні, прості автоматичні та рефлексні автоматичні (кібернетичні) машини.

Якщо основні технологічні операції здійснюються органами машини із активною участю людини, то машина називається *пристроєм*.

Прогрес у розвитку сучасних машин полягає в тому, що дедалі більша кількість фізичних і розумових, тобто логічних та обчислювальних, функцій людини передається технічним засобам, завдяки чому людина звільняється від безпосередньої участі в технологічному процесі. Машина, в якій основні технологічні операції механізовані, а людина здійснює тільки процеси подавання, установки і знімання об'єкта, що обробляється, називається *напівавтоматом*. Машина, в якій усі робочі операції відбуваються за заданою програмою без участі людини, є *автоматом*. Машина-автомат, яка може виконувати логічні операції і сама визначає програму дій з урахуванням змінних умов протікання технологічного процесу, називається *рефлексною*, або *самоналагоджувальною*.

Система машин, у якій окремі машини розміщені у послідовності виконання технологічних процесів і продукція передається від однієї машини до іншої, називається *потоковою механізованою лінією*.

Потокова лінія, що складається з машин і автоматів, з'єднаних між собою міжопераційними транспортними механізмами, що працюють синхронно, називається *автоматичною*.

Технологічне обладнання зернопереробних виробництв за призначенням можна поділити на такі групи:

- транспортні засоби для переміщення сировини, готової продукції і допоміжних матеріалів;
- устаткування для зберігання сировини і готової продукції;
- машини для очищення зерна від домішок і сортування на фракції;
- машини для очищення поверхні зернівок від бруду;
- апарати для гідротермічної обробки зернопродуктів;
- машини для луцнення зерна;
- машини для подрібнення зерна;
- машини для сортування продуктів подрібненого і луцненого зерна;
- обладнання для віджимання, екстракції та очищення олії;
- технологічне обладнання мініпекарень і макаронних цехів;
- технологічне обладнання комбікормових виробництв;
- комплексне обладнання і технологічні лінії зернопереробних виробництв.

#### 1.4. Структурні схеми технологічних ліній

В залежності від видів зв'язку між машинами потокові технологічні лінії поділяються на такі типи:

- лінії з жорстким зв'язком між машинами і рухом об'єкта, що обробляється, від однієї машини до іншої (рис. 1.18, а). У таких лініях усі машини – від першої до останньої – повинні працювати в ритмі, однаковому чи кратному ритму основної машини лінії;
- лінії з гнучким зв'язком між машинами (рис. 1.18, б). Робота кожної машини в цьому випадку не залежить від обраного ритму лінії. Між кожними двома машинами встановлюється приймач-нагромаджувач П з перевантажувачем;
- лінії з напівгнучким зв'язком між машинами (рис. 1.18, в). Зазвичай вони складаються з груп машин із жорсткими зв'язками, які з'єднані між собою гнучкими зв'язками з приймачами-нагромаджувачами та перевантажувачами.

За рівнем і видом механізації й автоматизації потокові лінії переробних виробництв можна розділити на наступні види: немеханізовані, напівмеханізовані, механізовані, автоматизовані й автоматичні.

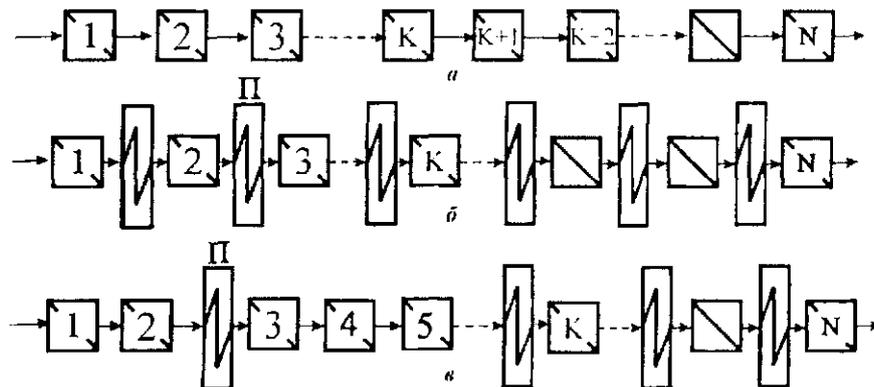


Рис. 1.18. Види зв'язку між машинами поточкових ліній:

- а – жорсткий; б – гнучкий; в – напівгнучкий; П – приймач-нагромаджувач з перевантажувачем; 1, 2, ..., К, ..., N – порядкові номери машин в лінії

**Немеханізована потокова лінія.** Характеризуються тим, що всі допоміжні і транспортні операції виконуються вручну. Такі лінії є першим етапом організації поточкового виробництва. Вони дозволяють диференціювати технологічний процес, проводити розподіл праці і спеціалізувати робочі місця, а також вивести єдиний ритм виробництва.

**Напівмеханізовані потокові лінії.** Основна частина трудомістких технологічних і транспортних операцій в цих лініях механізована. Вручну, як правило, виконують операції подачі напівфабрикату в технологічні машини, а також операції контролю і регулювання технологічного процесу.

**Механізовані потокові лінії.** Лінія з повною, комплексною механізацією всіх технологічних, транспортних і установочно-знімних операцій називається *механізованою*. У цьому випадку ручними залишаються контроль і регулювання параметрів технологічних процесів.

**Автоматизовані потокові лінії.** Автоматизованими можуть бути лінії як механізовані, так і напівмеханізовані. У переробному виробництві, як правило, автоматизують механізовані потокові лінії.

**Автоматичні потокові лінії.** Є вищою формою організації поточкового виробництва, являють собою механізовані лінії, оснащені комплексом автоматичних пристроїв для контролю, регулювання всіх технологічних операцій і керування машинами й агрегатами, що входять у лінію, без застосування ручної праці. При повній (комплексній) автоматизації машини й агрегати поточкових ліній виконують роботу з найвищими (чи близькими до них) техніко-економічними показниками.

За структурою потоку лінії можуть бути однопотоковими, багатопотоковими і змішаними.

**В однопотокових** лініях з одного виду сировини виробляється один вид продукції. У цих лініях продуктивність і ритм роботи всіх машин і апаратів повинні відповідати продуктивності і ритму роботи основної машини, що має визначальне значення для даного потоку.

**Багатопотокові лінії** можуть бути з потоками, що сходяться, розбіжними і рівнобіжними потоками. У першому випадку з декількох видів сировини чи напівфабрикатів виробляється один вид продукту, у другому – з одного виду сировини чи напівфабрикату виробляється

кілька видів кінцевого продукту, у третьому - виробляється на кожному потоці один вид сировини, напівфабрикату чи готового виробу.

У *потоківих лініях* зі змішаними потоками з декількох видів сировини і напівфабрикатів можуть вироблятися кілька видів готових виробів.

По компонуванню потоків лінії переробних виробництв можуть бути розділені на наступні види.

*Лінійні лінії*, у яких здійснюється повний цикл обробки продукту з безперервним процесом переміщення від однієї технологічної операції до іншої. Наскрізні лінії можуть бути вертикальними і горизонтальними. У лінійних лініях зернопереробних виробництв для транспортування сипких зернопродуктів застосовується гравітаційний та пневматичний транспорт, вони компонуються вдовж відрізків прямих ліній (рис. 1.19, а) і ломаних ліній Г- і П-подібної форми (рис. 1.19, б, в), із зустрічним рухом продуктів та їх рухом з однієї ділянки на іншу (рис. 1.19, г).

*Замкнуті лінії* мають форму безкінечного контура (рис. 1.19, д) і застосовуються при необхідності транспортування виробів від однієї технологічної машини до іншої по контуру за допомогою пристосувань-супутників, форм, лотків, піддонів тощо, які повертаються після звільнення їх від готових виробів у позиції завантаження. Замкнуті лінії можуть бути вертикальними і горизонтальними.

У горизонтальних лініях застосовуються замкнуті системи конвеєрів з поворотними чи іншими пристроями для перевантаження продуктів. Вертикальні замкнуті лінії майже не потребують спеціальних конвеєрів для перевантаження продуктів.

*Змішані лінії* містять у собі лінійні і замкнуті ділянки, у яких використовуються пристосування-супутники.

## **1.5. Вимоги до технологічного обладнання**

**Вимоги до надійності машин.** Основні показники якості технологічного обладнання – надійність і технологічність, стандартизація її уніфікації, ергономічні, естетичні, техніко-експлуатаційні та економічні. Крім цих основних показників, важливими є вимоги безпеки як

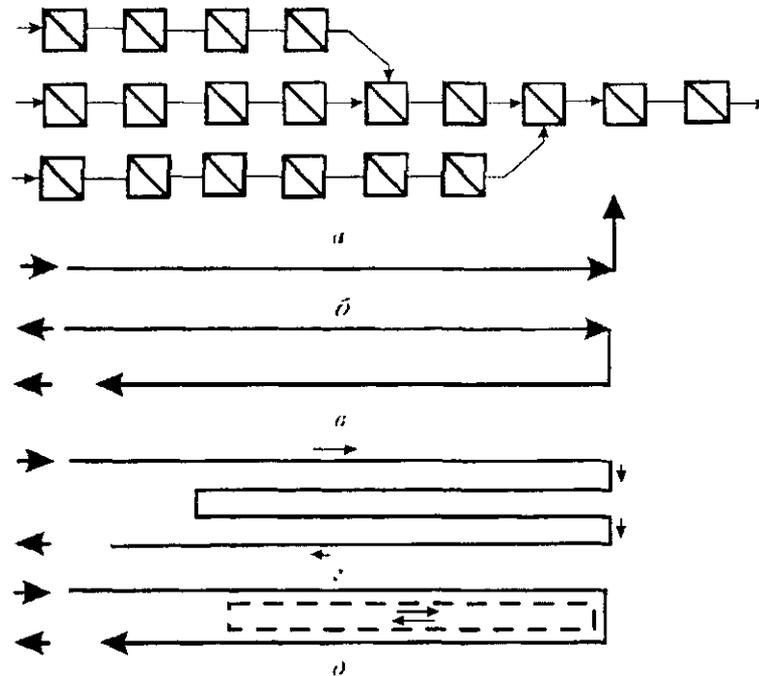


Рис. 1.19. Типові компоновання потокових ліній:

- а – багатопотокова з потоками, що збігаються; б – Г-подібної форми;
- в – П-подібної форми; г – із зустрічним рухом об'єктів, що обробляються;
- д – замкнута

до окремих машин, так і до комплектного обладнання, потокових ліній і в цілому до підприємства.

При проектуванні машин і апаратів необхідно забезпечити безвідмовну роботу їх упродовж заданого часу. Несправність і вихід машини з ладу спричинюють втрати робочого часу, зростання витрат на запасні частини, зміну технічного персоналу та ін.

*Надійність* – це складна властивість обладнання, що поєднує такі його окремі властивості: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість. У процесі роботи будь-якої машини може статися поломка деталі, вузла тощо, внаслідок чого втрачається її

роботоздатність. Повну або часткову втрату роботоздатності машини називають *відмовою*.

За характером усі відмови можна поділити на два класи: 1) випадкові, що виникають раптово; 2) ті, що є наслідком природного старіння машини. Існують певні закономірності виникнення відмов.

*Безвідмовність* – це властивість механізму безперервно зберігати роботоздатність упродовж певного часу або певного напрацювання (наробітку) без вимушених перерв.

*Довговічність* – роботоздатність машини до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонтів, тобто властивість її виконувати задані функції з можливими перервами на ремонт до руйнування, за якого відновлення втраченої роботоздатності стає неможливим і економічно недоцільним.

*Ремонтоздатність* – пристосованість обладнання до запобігання відмовам, виявлення та усунення відмов та несправностей під час проведення технічного обслуговування і ремонтів.

*Збереженість* – властивість машини не змінювати експлуатаційні показники впродовж строку зберігання і транспортування, визначеного в технічній документації.

Для забезпечення надійності обладнання загалом конструктор-проектувальник повинен дотримувати таких загальних вимог:

- раціональний вибір схемних рішень;
- раціональний вибір елементів, матеріалів і режимів їх роботи;
- вибір оптимальних конструктивних рішень;
- врахування умов роботи і досвіду експлуатації аналогічних машин;
- розробка заходів щодо зручності технічного обслуговування і експлуатації;
- врахування вимог ергономіки;
- технологічність конструкції машин, рівень автоматизації, вартість виготовлення та економічна ефективність.

*Вимоги до технологічності конструкції.* Освпною і принципово важливою у зниженні вартості машини є *технологічність конструкції*. Властивості конструкції, що забезпечують її відповідність прогресивній технології, заданим умовам виробництва, найменші строки

освоєння і тривалість виробничого циклу, невеликі витрати і визначають її технологічність.

При розробці і проектуванні нових конструкцій машин необхідно керуватись принципами технологічної і конструктивної спадкоємності та конструктивної повторюваності. *Принцип технологічної спадкоємності* полягає в тому, що при проектуванні нової конструкції машини передбачають такі її деталі, обробка яких аналогічна обробці інших деталей, що вже випускаються даним підприємством. Повне оновлення конструкції виправдане тільки тоді, коли всі старі моделі морально застаріли і були замінені принципово новими. Технологічність конструкції залежить від її відповідності технологічним можливостям виробництва, рівня використання стандартних, нормалізованих і уніфікованих деталей та складальних одиниць, які характеризуються *коефіцієнтами конструктивної спадкоємності і повторюваності*.

*Коефіцієнт конструктивної спадкоємності* характеризує відношення кількості деталей, запозичених з раніше освоєних заводом конструкцій, до загальної кількості деталей в об'єкті, що проектується.

*Коефіцієнт конструктивної повторюваності* визначає рівень використання в конструкції складальних одиниць, що повторюються (уніфікованих), і нормалізованих деталей.

Комплектне обладнання і технологічні лінії сільськогосподарського призначення треба проектувати з окремих технологічних блоків (модулів). Виконання цієї вимоги забезпечує удосконалення машинної технології в процесі експлуатації обладнання з найменшими затратами на реконструкцію виробництва, а також полегшує розбирання, переміщення і складання машин під час виконання монтажних і ремонтних робіт.

*Вимоги до автоматизації. Рівень автоматизації* визначає, якою мірою виріб обробляється на машині автоматично, без участі робітника. Отже, чим вище ступінь автоматизації машини, тим меншими є затрати живої праці. Проте з підвищенням цього показника зростають вимоги до конструкції машини, безпеки і зручності її експлуатації.

Залежить рівень автоматизації від способу організації технологічного процесу обробки на машині (періодичної або безперервної дії). Безперервні процеси дають змогу не тільки підвищити продуктивність

обладнання, а й спростити та підвищити рівень автоматизації і якість обробки, тобто управляти якістю вироблюваної продукції.

У поточкових, жорстко заблокованих лініях, необхідно передбачити автоблокіровочні пристрої, які:

- не допускають включати лінію, якщо хоча б одна з машин, що входить у неї не готова до пуску;
- зупиняють будь-яку машину при вимиканні однієї з наступних машин лінії;
- зупиняють всю лінію під час припинення подачі продукту чи тари.

Крім загальних вимог щодо надійності, технологічності конструкції до машин переробних виробництв висуваються такі додаткові вимоги:

1. Можливість виконання машинами процесів новітніх ресурсощадних технологій, які забезпечують економію паливно-енергетичних ресурсів, сировини і матеріалів на рівні кращих зарубіжних зразків.

2. Висока техніко-економічна ефективність її підвищення віддзеркалюється у зростанні продуктивності суспільної праці, у зниженні питомої енергоємності та матеріаломісткості продукції переробного підприємства. Вона обумовлена такими показниками роботи підприємства: питомі витрати і втрати енергії, сировини, матеріалів; питома амортизація основних виробничих фондів; продуктивність праці; питомі витрати на заходи безпеки підприємства (ековитрати) тощо.

3. Відповідність обладнання переробних виробництв таким санітарно-гігієнічним вимогам безпеки:

- висока хімічно- і зносостійкість робочих органів машин і деталей, які знаходяться в контакті з перероблюваними продуктами, для того щоб усунути забруднення продуктів шкідливими окислами та продуктами зносу деталей;
- надійна герметизація і аспірація робочих просторів машин, в яких технологічні процеси проходять з виділенням пилу (зернові сепаратори, луцильні машини, подрібнювачі й ін.), для того щоб пил не виділявся у виробничі приміщення;
- висока надійність ущільнень вузлів тертя і систем мащення передач, з тим щоб олива (мастила) не просочувалася в робочий простір машини з продуктами і, навпаки, продукти не попадали в вузли тертя, системи мащення.

## 1.6. Техніко-економічне обґрунтування машинних технологій

Комплектне обладнання і технологічні лінії сільськогосподарського призначення складаються із невеликої кількості машин, мають просту будову, відносно дешеві і користуються попитом у сільськогосподарського споживача. Однак, вироблювані продукти не завжди відповідають стандартам за показниками якості, їх виходи нижчі нормативних на 10...15 %, значна частина продовольчого зерна потрапляє у відходи, енергомісткість зернопродуктів значно завищена в порівнянні з продукцією промислових підприємств. Тому в умовах ринкових відносин вкрай загостреної енергетичної кризи існує нагальна потреба у виконанні оцінки технічного рівня машин і реальних витрат на перероблення зерна та іншої сировини сільськогосподарськими підприємствами та визначення напрямку удосконалення обладнання. Розв'язування цієї задачі включає такі етапи: вибір чисельних та якісних характеристик (критеріїв) машин для порівняльного аналізу; вибір кращих вітчизняних та зарубіжних аналогів технологій і машин, що їх реалізують; власне, проведення порівняльного аналізу за технічними і економічними критеріями та вибір кращого варіанта з них.

У загальному випадку постановка задачі обґрунтування технологій і системи машин в сільському господарстві формується як задача багатокритеріальної оптимізації, розв'язанням якої є технологія та система машин з мінімальними затратами виробництва. У багатьох випадках рішення повинно відповідати декільком критеріям, що суперечать один одному (продуктивність – енергомісткість – якість, втрати сировини при зберіганні – витрати на зберігання), тобто зміна характеристик системи з метою покращення одного з них викликає погіршення іншого. Побудова єдиної шкали для оцінки всієї сукупності критеріїв, що мають різний фізичний зміст, викликає значні труднощі.

У методах розв'язання багатокритеріальних задач можна виділити два напрямки: *оптимізація* і *вибір*, які відрізняються насамперед правилом вирішення.

Методи оптимізаційні застосовують у тих випадках, коли вдається окремі критерії звести до одного узагальненого (інтегрального). В цьому випадку правилом вирішення будуть детерміновані методи оптимізації

функцій з багатьма змінними. Основним ускладненням такої постановки задачі є необхідність розробки адекватної моделі технологічної системи з врахуванням великої кількості факторів, детермінованих і випадкових, що пов'язані з техніко-економічними показниками роботи машин, з'ясування взаємозв'язків між окремими ланками в системі та її взаємодії з іншими зовнішніми системами, і, нарешті, принципові математичні та технічні труднощі, пов'язані з розв'язанням задач багатокритеріальної оптимізації для систем великих розмірностей (число невідомих конкретних систем може обраховуватися тисячами і десятками тисяч).

**Основні положення методики багатокритеріального вибору.**

Одним із методів багатокритеріального вибору є так званий метод відстані до цілі. Суть його полягає в порівнянні  $i$ -го варіанта вихідної множини альтернативних варіантів з ідеалізованим варіантом. За ідеалізований варіант приймають умовний варіант, якому приписуються кращі значення критеріїв з вихідної множини альтернативних варіантів. Формують множини критеріїв за умови їх однакового напрямку покращення. Цього досягають заміною критеріїв, які погіршуються, оберненими до них критеріями. У випадку, коли всі критерії мають однакову значимість, для кожного  $i$ -го варіанта вихідної множини альтернатив визначається показник відстані до цілі за формулою:

$$r_i = \frac{1}{N} \sum_j \frac{U_{ij}}{U_{i0}} - 1, \quad (1.22)$$

де:  $r_i$  – відстань до цілі  $i$ -го варіанта;

$N$  – число критеріїв;

$U_{ij}$  – значення  $i$ -го критерію  $j$ -го варіанта;

$U_{i0}$  – значення  $i$ -го критерію ідеалізованого варіанта.

З вихідної множини альтернатив вибирається варіант, що знаходиться найближче до ідеалізованого варіанта, для якого  $r \cong 0$ . Якщо критерії нерівноцінні, то використовують експертний метод. Для цього складають матрицю коефіцієнтів переваг  $\| a_{ij} \|$  (табл. 1.6). Визначають коефіцієнти значущості критеріїв  $\lambda_i$ . Їх розраховують за умови  $\sum_i \lambda_i = 1$ .

Таблиця 1.6

Матриця визначення коефіцієнтів значущості критеріїв

Індекс критерію	$K_1$	$K_2$	.	$K_n$	$B$	$A$	$\Lambda$
$K_1$	$\alpha_{11}$	$\alpha_{12}$	.	$\alpha_{1n}$	$b_1 = \sum_j a_{1j}$	$a_1 = \sum b_j a_{1j}$	$\lambda_1 = \alpha_1 / \alpha$
$K_2$	$\alpha_{21}$	$\alpha_{22}$	.	$\alpha_{2n}$	$b_2 = \sum_j a_{2j}$	$a_2 = \sum b_j a_{2j}$	$\lambda_2 = \alpha_2 / \alpha$
.	.	.	.	.	.	.	.
$K_k$	$\alpha_{k1}$	$\alpha_{k2}$	.	$\alpha_{kn}$	$b_k = \sum_j a_{kj}$	$a_k = \sum b_j a_{kj}$	$\lambda_k = \alpha_k / \alpha$
.			.				
$K_n$	$\alpha_{n1}$	$\alpha_{n2}$	.	$\alpha_{nn}$	$b_n = \sum_j a_{nj}$	$a_n = \sum b_j a_{nj}$	$\lambda_n = \alpha_n / \alpha$
						$\alpha = \sum_{i=1}^n a_i$	

Попарно порівнюють критерії, визначають для них коефіцієнти переваг  $\alpha_{ij}$  і заносять їх у комірки матриці (окреслена подвійною лінією, табл. 1.6). За формулами, наведеними у колонках  $B$ ,  $A$ ,  $\Lambda$ , розраховують коефіцієнти значущості критеріїв  $\lambda_i$ .

Відстань до цілі для заданої множини альтернативних варіантів розраховують за формулою:

$$r_j = \frac{1}{N} \sum_i \frac{U_{ij}}{U_{i0}} \lambda_i - 1. \quad (1.23)$$

Оцінку технічного рівня і обґрунтування складу технологічних ліній з переробки зерна доцільно робити за такими основними критеріями: енергомісткість, металоємність, коефіцієнт відносної досконалості технологічного процесу (машини, технологічної лінії, машинної технології).

*Енергомісткість* – відношення всієї споживаної енергії протягом часу перероблення (у перерахунку на первинну енергію) до обсягу продукції (у натуральному, умовному чи вартісному виразі), що випуска-

ється за цей час технологічною лінією, дільницею, цехом, с/г підприємством. Енергомісткість обчислюють за формулою:

$$e_{\text{тех.н}} = \frac{1}{N_{\text{о.п}}} \left( \sum_s \sum_j k_j B_{\text{тран.с.},j} + \sum_z \sum_j k_j B_{\text{збер.з.},j} + \sum_i \sum_j k_j B_{\text{тех.н.},i,j} + \sum_k \sum_j k_j (B_{\text{доп.н.к.},j} + B_{\text{доп.п.к.},j}) - \sum_j k_j B_{\text{гор.п.},j} \right), \quad (1.24)$$

де:  $B_{\text{тран.с.},j}$  – витрати паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР)  $j$ -го виду під час виконання транспортних операцій  $S$ -го виду на доставку вихідних ресурсів (сировини, матеріалів, енергії), натуральних одиниць ПЕР (НО ПЕР);

$B_{\text{збер.з.},j}$  – витрати ПЕР  $j$ -го виду під час зберігання сировини, проміжних і готових продуктів  $Z$ -го виду, НО ПЕР;

$B_{\text{тех.н.},i,j}$  – витрати ПЕР  $j$ -го виду під час виконання  $i$ -ї технологічної операції (процесу), НО ПЕР;

$B_{\text{доп.п.к.},j}$ ,  $B_{\text{доп.н.к.},j}$  – витрати ПЕР  $j$ -го виду на допоміжні потреби  $k$ -го виду виробництва (витрати на ремонт, консервацію та зберігання обладнання в міжсезонний період, його запуск після простою, опалення, вентиляцію, освітлення, господарчо-побутові та санітарно-гігієнічні потреби тощо) в цеху і на переробному с/г підприємстві відповідно, НО ПЕР;

$B_{\text{гор.п.},j}$  – обсяг горючих відходів  $j$ -го виду, утворених під час виробництва тонни продукції, т;

$k_j$  – коефіцієнти перерахунку ПЕР  $j$ -го виду (колонка 4 таблиці 1.7), МДж/НО ПЕР;

$N_{\text{о.п.}}$  – обсяг товарної (чистої, натуральної) продукції, т.

**Металосмісткість** – відношення маси обладнання (машини, комплекту машин, лінії, цеха) до його продуктивності. Металоемність обчислюють за формулою:

$$K_M = \frac{G}{Q}, \quad (1.25)$$

де:  $G$  – маса обладнання, т;

$Q$  – продуктивність обладнання, т/год.

*Коефіцієнт відносної досконалості технологічного процесу* характеризує “близькість” по числу операцій технологічного процесу машини (комплекту обладнання, лінії), що досліджується, до базового (еталонного) технологічного процесу. Алгоритм для його визначення такий:

$$K_{II} = N(P_B \cap P_D) / N(P_B), \quad (1.26)$$

де:  $P_B$  – множина технологічних операцій машинної технології, техніко-економічні показники якої, знаходяться на рівні кращих зарубіжних зразків (базова технологія для порівняння);

$N(P_B)$  – число технологічних операцій базової технології;

$P_D$  – множина технологічних операцій машинної технології, що досліджується (проекується);

$N(P_B \cap P_D)$  – число спільних технологічних операцій машинних технологій, що порівнюються (знак  $\cap$  означає переріз множин  $P_B$  і  $P_D$ ).

**Економічне обґрунтування.** Виконується з метою визначення раціонального варіанта технології за одним або сукупністю економічних критеріїв (собівартість продукції, максимальний прибуток, терміни повернення кредиту, капіталовкладень тощо).

В залежності від прийнятого критерію, можливі такі постановки задач економічного обґрунтування:

1) обґрунтування механізованого процесу (технології) за умови досягнення максимального прибутку при заданій програмі виробництва;

2) обґрунтування річної програми, організаційних планів виробництва, що забезпечують найбільш ефективне використання наявних машин та обладнання;

3) визначення раціонального асортименту продукції за умови досягнення максимального прибутку при заданому в певних межах фінансуванні;

4) обґрунтування раціональної машинної технології за сукупністю критеріїв (рівень рентабельності, собівартість, термін окупності тощо) при обмежених матеріальних ресурсах (сировині, коштах).

В першому наближенні, застосовують метод порівняння результатів прямого (елементного) розрахунку основних економічних показників

Таблиця І.7

## Коефіцієнти перерахунку палива та енергії

Вид палива, енергії	Одиниці виміру, ПО	Коефіцієнти перерахунку палива, енергії	
		в умовне паливо, т умов. палив/т, ОЕ	в оди́нці енергії, МДж/т, ОЕ
Механічна і теплова енергія:	Дж	$0,341 \cdot 10^{10}$ т умов. палив/Дж	$10^9$ МДж
	МДж	$0,341 \cdot 10^{-4}$ т умов. палив/МДж	1
	ГДж	$0,341 \cdot 10^{-7}$ т умов. палив/ГДж	$10^3$ МДж
	кал	$0,143 \cdot 10^{-9}$ т умов. палив/кал	$4,19 \cdot 10^{-6}$ МДж/кал
	Мкал	$0,143 \cdot 10^{-3}$ т умов. палив/Мкал	4,19 МДж/Мкал
Електроенергія:	Гкал	0,143 т умов. палив/Гкал	$4,19 \cdot 10^3$ МДж/Гкал
	кВт·год.	$0,123 \cdot 10^{-3}$ т умов. палив/кВт·год	3,6 МДж/кВт·год.
	МВт·год.	0,123 т умов. палив/МВт·год	$3,6 \cdot 10^3$ МДж/МВт·год.
	ГВт·год.	$0,123 \cdot 10^3$ т умов. палив/ГВт·год	$3,6 \cdot 10^6$ МДж/ГВт·год.
	т умов. палив	1	$2,93 \cdot 10^4$ МДж/т умов. палив
Пальні гази:	т		
- природний		1,20 т умов. палив /т	$3,52 \cdot 10^4$ МДж/т
- зріджений газ		1,70 т умов. палив /т	$4,98 \cdot 10^4$ МДж/т
- біогаз		0,73 т умов. палив /т	$2,14 \cdot 10^4$ МДж/т
Рідке паливо:	т		
- бензин		1,45 т умов. палив /т	$4,25 \cdot 10^4$ МДж/т
- дизельне		1,45 т умов. палив /т	$4,25 \cdot 10^4$ МДж/т

Продовження табл. 1.7

Вид палива, енергії	Одиниці виміру, НО	Коефіцієнти перерахунку палива, енергії	
		в умовне паливо, т умов. палив/т, ОЕ	в одиниці енергії, МДж/т, ОЕ
– мазут		1,37 т умов. палив /т	4,01·10 <sup>4</sup> МДж/т
Вугілля:	т		
– буре		0,60 т умов. палив /т	2,01·10 <sup>4</sup> МДж/т
– донецьке		0,73 т умов. палив /т	2,14·10 <sup>4</sup> МДж/т
Торф:	т		
– кусковий		0,34 т умов. палив /т	1,00·10 <sup>4</sup> МДж/т
– торфобрикети		0,60 т умов. палив /т	2,01·10 <sup>4</sup> МДж/т
Деревина вологістю до 40 %:	т		
– зрубки, тріска		0,30 т умов. палив /т	0,88·10 <sup>4</sup> МДж/т
– тирса		0,22 т умов. палив /т	0,64·10 <sup>4</sup> МДж/т
– солома злакових культур і лузга вологістю до 10 %	т	0,51 т умов. палив /т	1,46·10 <sup>4</sup> МДж/т

**Примітка.** Коефіцієнти для перерахунку видів палива в умовне паливо і первинну енергію можуть змінюватись постачальниками палива, тому їх потрібно уточнювати в постачальників палива.

альтернативних варіантів технологій. Цей метод дозволяє простими засобами визначити кращий із альтернативних варіант технічного рішення, технології при невеликій їх кількості (до п'яти варіантів), але не гарантує оптимального вирішення задачі. Якщо в якості основного критерію для порівняння вибрати виробничу собівартість переробки продукції (табл. 1.8), то її можна представити формулою:

$$c_{13} = A \cdot Q + B \quad (1.27)$$

або

$$c_n = A + B/Q, \quad (1.28)$$

де:  $c_{13}$ ,  $c_n$  – виробничі собівартість партії виробів (грн) і одиниці продукції відповідно, грн/т, (грн/шт.);

$A$  – поточні приведені витрати на одиницю продукції\*, грн/т;

$B$  – одноразові витрати на всю партію виробів, грн;

$Q$  – обсяг виробництва, т (умовних одиницях).

**Примітка:**

\* Поточні витрати – витрати, що змінюються в прямій залежності від обсягу виробництва (витрати на сировину, заробітна плата тощо);

\*\* разові витрати – витрати, які залишаються незмінними на протязі циклу виробництва виробів (орендна плата, накладні витрати, що не залежать від обсягу виробництва).

Визначення собівартості та її складових виконують за формулами:

Витрати на придбання сировини і тари:

$$c_1 = \sum C_{ci} \cdot Q_{ci}, \quad (1.29)$$

де:  $C_{ci}$  – оптова ціна  $i$ -го виду сировини, грн/т;

$Q_{ci}$  – річний обсяг переробки сировини  $i$ -го виду;

Вартість тари

$$c_2 = \sum C_{Ti} \cdot N_{Ti}, \quad (1.30)$$

де  $C_{Ti}$  – оптова закупівельна ціна тари  $i$ -го виду, грн/шт.;

$N_{Ti}$  – потрібна кількість одиниць тари для забезпечення заданого циклу виробництва, шт.

Таблиця 1.8

## Собівартість продукції

№	Статті витрат	Позначення	Види продукції				Сумарні витрати
			вироби 1-го виду		вироби n-го виду		
			на одини- цю про- дукції	на весь обсяг	на одини- цю про- дукції	на весь обсяг	
1	Сировина і матеріали	C <sub>1</sub>	Група А (поточні витрати)				
2	Тара	C <sub>2</sub>					
3	Транспортні витрати	C <sub>3</sub>					
4	Паливо та енергія на технологічні цілі	C <sub>4</sub>					
5	Основна заробітна плата	C <sub>5</sub>					
6	Додаткова заробітна плата	C <sub>6</sub>					
7	Відрахування на соціальні заходи	C <sub>7</sub>					

Продовження табл. 1.8

	Статті витрат	Група Б (разові витрати)	Види продукції				Сумарні витрати
			вироби І-го виду		вироби п-го виду		
			на одини- цю про- дукції	на весь обсяг	на одини- цю про- дукції	на весь обсяг	
8	Відрахування на амортизацію бу- дівель	C <sub>8</sub>					
9	Відрахування на амортизацію об- ладнання	C <sub>9</sub>					
10	Відрахування на ТО і ремонт об- ладнання	C <sub>10</sub>					
11	Загальновиробничі витрати	C <sub>11</sub>					
12	Загальногосподарські витрати	C <sub>12</sub>					
13	Виробнича собівартість	C <sub>13</sub>					
	Всього по групі А	А					
	Всього по групі Б	Б					

$$N_{Ti} = K_{Ti} \cdot Q_i / G_{Ti}, \quad (1.31)$$

де:  $K_{Ti}$  – коефіцієнт, що враховує повторне використання тари;

$Q_i$  – загальна кількість сировини або готових виробів  $i$ -го виду, які фасуються в тару, кг (шт.);

$G_{Ti}$  – місткість одиниці тари, кг (шт.).

Транспортні витрати визначають за формулою:

$$C_3 = G_{en} \cdot L \cdot U_{m,km}, \quad (1.32)$$

де:  $G_{en}$  – загальний обсяг сировини та готової продукції, який необхідно перевозити в процесі виробництва і реалізації, т;

$L$  – загальний пробіг автомобіля при транспортуванні продукції за період виробництва, що розглядається, км;

$U_{m,km}$  – приведена вартість вантажоперевезень в господарствах регіону, грн / т·км.

Прямі експлуатаційні затрати на виробництво:

$$c_{пЕ} = \sum_{i=4}^{10} c_i, \quad (1.33)$$

де:  $c_{пЕ}$  – прямі експлуатаційні затрати, грн;

$c_4$  – витрати на паливо та інші енергоносії на технологічні цілі, грн;

$$c_4 = \sum E_j \cdot n_j \cdot U_j, \quad (1.34)$$

де:  $E_j$  – витрати енергоресурсів  $j$ -го виду в натурі (кг) або в одиницях обліку енергії за зміну;

$n_j$  – загальне число змін роботи за розрахунковий період;

$U_j$  – ціна енергоресурсів, грн/кг або грн/кВт;

$c_5$  – основна заробітна плата, яку розраховують за формулами:

– при оплаті праці від виробітку

$$c_5 = \sum Q_{вк} \cdot c_{вк}, \quad (1.35)$$

– при годинній тарифній оплаті праці

$$c_5 = \sum N_i \cdot c_m \cdot t \cdot n_i, \quad (1.36)$$

де:  $Q_{вк}$  – кількість виробів, т (шт.);

$c_{ок}$ ,  $c_m$  – тарифна ставка за одиницю виробу і годину робочого часу відповідно;

$t$  – тривалість зміни, год.;

$n_i$  – загальне число змін;

$c_6$  – додаткова заробітна плата для стимулювання результатів праці (підвищення якості продукції, економії енергоресурсів тощо), грн.

$$c_6 = K_{ам} \cdot c_3 / 100, \quad (1.37)$$

де:  $K_{ам} = 10...35\%$  – плановий коефіцієнт нарахування додаткової заробітної плати.

Фонд заробітної плати:

$$\Phi ОП = c_3 + c_6; \quad (1.38)$$

$c_7$  – відрахування на соціальні заходи, грн:

$$c_7 = ПФ + ФСС + ФЗ, \quad (1.39)$$

де:  $ПФ$ ,  $ФСС$ ,  $ФЗ$  – відрахування в пенсійний фонд, фонд соціального страхування і фонд зайнятості відповідно. Вони розраховуються за формулами:

$$ПФ = K_{пф} \cdot \Phi ОП / 100,$$

$$ФСС = K_{фсс} \cdot \Phi ОП / 100,$$

$$ФЗ = K_{фз} \cdot \Phi ОП / 100,$$

де:  $K_{пф}$ ,  $K_{фсс}$ ,  $K_{фз}$  – коефіцієнти відрахування в пенсійний фонд, фонд соціального страхування і фонд зайнятості відповідно, %.

$c_8$ ,  $c_9$  – відрахування на амортизацію будівель і обладнання відповідно, грн;

$$c_8 = K_{ав} \cdot c_{бвд} / 100, \quad c_9 = K_{об} \cdot c_{обд} / 100, \quad (1.40)$$

де:  $K_{ав}$ ,  $K_{об}$  – нормативні коефіцієнти відрахування на амортизацію будівель і обладнання, %.

$c_{бвд}$  – вартість будівництва, грн;

$$c_{бвд} = Ц_{бвд} \cdot V_{бвд} + Ц_{об} \cdot S_{об}, \quad (1.41)$$

де:  $Ц_{бвд}$  – вартість будівництва 1-го м<sup>3</sup> виробничого приміщення, грн/м<sup>3</sup>;

$V_{бвд}$  – загальний об'єм виробничого приміщення, м<sup>3</sup>;

$C_p$  – витрати на благоустрій території підприємства, грн/м<sup>2</sup>;  
 $S_p$  – площа території підприємства з урахуванням площі тротуарів, під'їзних доріг тощо, м<sup>2</sup>;  
 $c_{обл}$  – вартість обладнання з урахуванням витрат на транспортування, монтаж та пусконаладжувальні роботи:

$$c_{обл} = K_M \cdot B_{обл}, \quad (1.42)$$

де:  $B_{обл}$  – ціна комплексу обладнання, який передбачається закупити;

$K_M = 1,1 \dots 1,3$  – коефіцієнт, що враховує витрати на доставку і монтаж обладнання.

$c_{ТО}$  – відрахування на ТО і ремонт обладнання, грн;

$$c_{ТО} = K_{тор} \cdot C_{обл}, \quad (1.43)$$

де  $K_{тор}$  – нормативний коефіцієнт відрахування на ТО і ремонт обладнання.

Капіталовкладення  $c_k$  включають вартість будівництва та затрати на доставку і монтаж обладнання та інші витрати. Вони розраховуються за формулою:

$$c_k = c_{обл} + c_{ин}, \quad (1.44)$$

де  $c_{ин}$  – інші витрати.

Загальновиробничі та загальногосподарські витрати включають затрати на спецодяг, витратні матеріали для забезпечення роботоздатності оргтехніки, телефонного зв'язку, санітарного стану побутових приміщень та інші непередбачені додаткові затрати на загальногосподарські погребі (реклама продукції й інші). Згідно з існуючою практикою загальновиробничі витрати знаходяться в межах  $K_{з.в} = 2,5 \dots 5$  % від прямих експлуатаційних витрат, а загальногосподарські –  $K_{з.г} = 0,5 \dots 3,5$  % від сумарних витрат на виробництво продукції, тобто

$$K_{з.в} \cdot c_{пв} / 100 \quad (1.45)$$

$$c_{12} = K_{з.г} \cdot \sum_{i=1}^{10} c_i / 100, \quad (1.46)$$

Розподіляють ці витрати пропорційно обсягам виробництва окремих видів продуктів.

*Розрахунок виробничої собівартості (стаття витрат 13)*

Виробнича собівартість – сума витрат по статтях 1...12 (табл. 1.7), грн.

$$c_{13} = \sum_{i=1}^{12} c_i \quad (1.47)$$

Приведена виробнича собівартість, грн/т (грн/шт.):

$$c_n = c_{13}/Q \quad (1.48)$$

Поточні  $A$  і разові  $B$  витрати:

$$A = \sum_{i=1}^7 c_i; B = c_8 + c_9 \quad (1.49)$$

Трудомісткість розрахунку суттєво зменшується при виконанні його на ПК з використанням електронних таблиць (Microsoft Excel).

За даними розрахунків виробничої собівартості альтернативних варіантів машинних технологій за формулами (1.27, 1.28) будують графіки залежності собівартості від обсягів виробництва (рис. 1.20).

Із збільшенням обсягу виробництва собівартість виготовлення знижується по гіперболічній залежності навіть при зберіганні незмінного технологічного процесу. Проте таке зниження собівартості відбувається тільки у визначених межах збільшення обсягу виробництва. Воно обмежується продуктивністю технологічного обладнання, що використовується. При необхідності збільшення програми виробництва потрібно додаткове введення виробничих потужностей. В цьому випадку графік залежності собівартості від обсягу виробництва буде мати східчастий характер (рис. 1.21).

Порівнянням графіків собівартості (рис. 1.22), побудованих для альтернативних варіантів машинних технологій, приймають той варіант, який при заданій програмі виробництва має меншу собівартість.

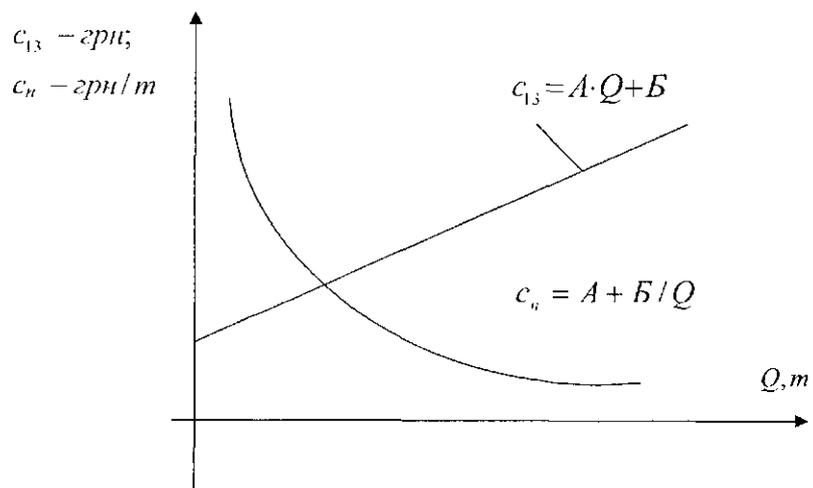


Рис. 1.20. Графік зміни собівартості від обсягу виробництва

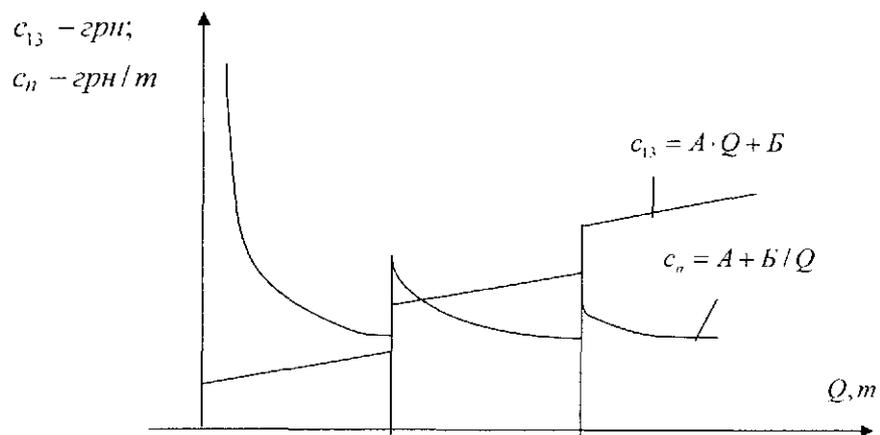


Рис. 1.21. Зміна собівартості з уведенням додаткової кількості обладнання

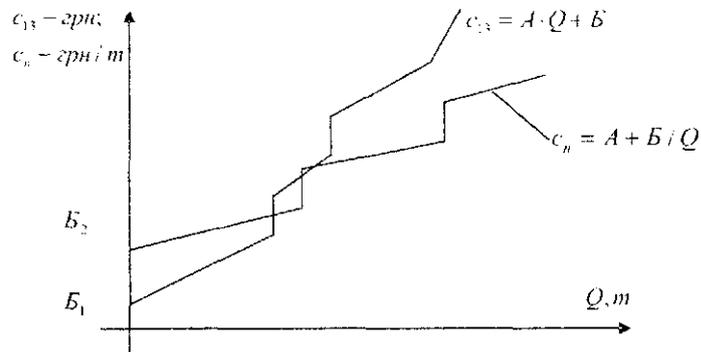


Рис.1.22. Порівняння собівартості двох варіантів технологічних процесів

#### Запитання для самоперевірки

1. Розкрийте зміст основних технологічних операцій переробки зерна на сортове борошно.
2. Розкрийте зміст основних технологічних операцій переробки зерна на крупу-ядрицю.
3. У чому принципова відмінність машинних технологій помелу зерна вальцьовим і жорновим млинами?
4. За якою технологією переробляють зерно на дроблену крупу?
5. Розкрийте зміст основних технологічних операцій виробництва комбікормів.
6. У чому принципова відмінність машинних технологій виготовлення олії методом пресування і екстракції?
7. Якими показниками оцінюють технологічну ефективність механізованих процесів зернопереробних виробництв?
8. Назвіть основні технологічні властивості продовольчого зерна.
9. Назвіть основні теплофізичні властивості зерна.
10. Назвіть масові і фрікційні властивості зерна.
11. Назвіть основні аеродинамічні властивості зерна і які з них використовуються для очищення зерна.

12. Назвіть характеристики міцності зерна.
13. За якими основними ознаками класифікують технологічне обладнання?
14. Які вимоги пред'являються до машин і технологічних ліній переробних сільськогосподарських виробництв?
15. На якій класифікаційній ознаці заснована систематизація технологічних потоків (ліній)?
16. Розкрийте зміст основних критеріїв для оцінки технічного рівня машин, комплектного обладнання, ліній.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВИХ ПРОДУКТІВ

### 2.1. Машини та обладнання для прийому та транспортування продуктів

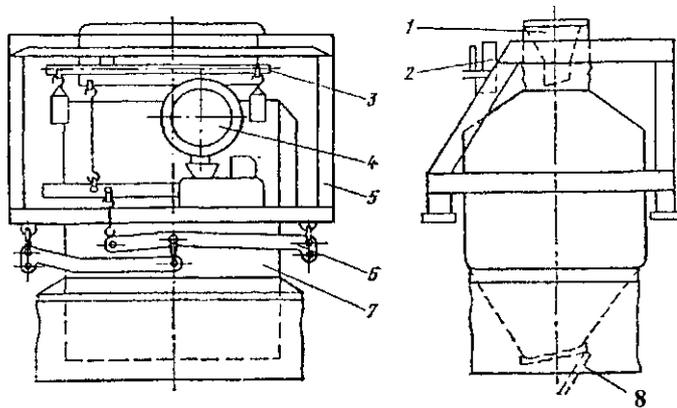
**Машини для прийому зерна.** Зерно, що надходить на зберігання, підлягає обов'язковій перевірці на якість. Якість зерна у кожній партії визначають за наступними показниками: запах, колір, вологість, зараженість і забрудненість. Для взяття проб з кузова автомобіля використовують механізованні пробовідбірники типу **А-УПА-2**.

Операцію зважування зерна і продуктів його переробки здійснюють під час приймання, інвентаризації і переробки зерна. Для зважування використовують різні типи і конструкції ваг, які можна розділити на дві основні групи: механічні з нерівноплечими важелями й автоматичні порційні. До першої групи відносяться платформові, елеваторні, автомобільні і вагонні, до другої групи – ваги з перекидним або поворотним вантажоприймальним пристроєм, ваги з відкидним дном і конісрні ваги. На приймальних пунктах зерна, застосовують автоматичні порційні ваги типу ДН (рис. 2.1). Вони бувають з різною ємністю бункера (від 1,1 до 6,5 м<sup>3</sup>) і інтервалом зважування від 0,25 до 4 т.

Для виконання навантажувально-розвантажувальних робіт у зерноскладах і на відкритих токах, перелопачуванням і формуванням буртів з купу зерна використовують навантажувачі, трімери, зернокидальники тощо.

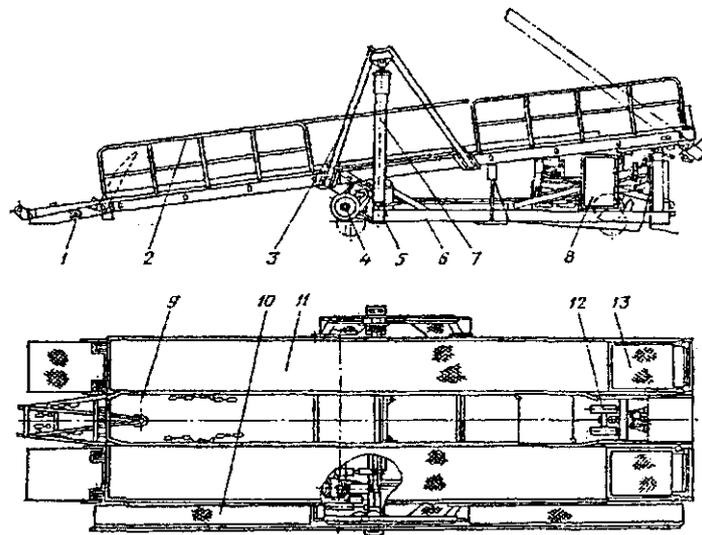
Для вивантаження зерна із транспортних засобів застосовують автомобілерозвантажувачі різних типів. У сільському господарстві для вивантаження зерна доцільно застосовувати самохідний автомобілерозвантажувач **У15-УРБ** (рис. 2.2).

Вивантажувач **У15-УРБ** призначений для вивантаження через задній борт сипких вантажів з автомобілів і автотягачів з напівпричепами загальною масою не більше 20 т. Його можна використовувати на токах і відкритих майданчиках елеваторів. Він працює позиційно в двох режимах: робочому і транспортному. В робочому режимі автомобілі розвантажуються через задній борт нахилом платформи. При



*Рис. 2.1. Автоматична порціонна вага ДН-2000:*

1 – завантажувальна горловина; 2 – привід; 3 – коромисло; 4 – циферблатний показчик; 5 – рама; 6 – вагоприймний важіль; 7 – ковш; 8 – люк



*Рис. 2.2. Самохідний автомобілерозвантажувач У15-УРБ:*

1 – забірник; 2 – поручень; 3 – стійка; 4 – привід; 5 – опора; 6 – рама;  
7 – гідросистема; 8 – система керування; 9 – буксир; 10 – площадка для персоналу; 11 – платформа; 12 – підвіска; 13 – опорна платформа

цьому автомобілерозвантажувач спирається безпосередньо на раму. У міру формування бунту його необхідно пересувати на нове місце, для цього висуюють шасі і включають привід пересування.

Платформа вивантажувача шарнірно змонтована на опорному майданчику, який також шарнірно закріплений на рамі. В передній частині рами кріпляться опори з гідродомкратами підйому платформи, привід і система управління. На платформі є два майданчики, шарнірно закріплені в'їзди, а також страхуючий пристрій, до якого кріпиться буксир. Гідравлічна система працює в двох режимах розвантаження і пересування. Вивантажувач обслуговує один оператор.

**Машини для транспортування зернопродуктів.** Для транспортування зернопродуктів на зерноприймальних і зернопереробних підприємствах застосовують механічний і пневматичний транспорт.

Для переміщення зернових продуктів знизу нагору у вертикальному напрямі застосовують норії (рис. 2.3) типу ЗАТ "Укроргстанкінпром" або типу У2-УН Карлівського машинобудівельного заводу (табл. 2.1). Тяговим робочим органом норії є тканинна плоска стрічка, а робочим – ківш. Привід здійснюється розміщеним зверху приводним барабаном, натяг стрічки – натяжним барабаном.

Залежно від швидкості руху стрічки і способу вивантаження зерна з ковшів стрічкові норії бувають з відцентрово-гравітаційним вивантаженням та відцентровим вивантаженням.

Для транспортування зернопродуктів у горизонтальному і похилому напрямках застосовують стрічкові (КГС, ТБ), скребкові (ТСЦ), лійцюгові, гвинтові (типу НО) конвєсери (табл. 2.2).

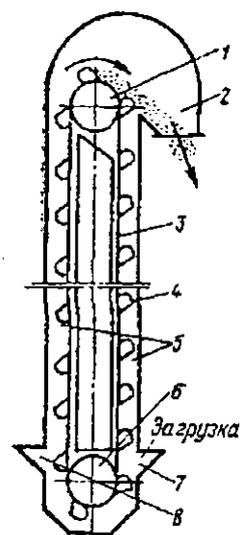


Рис. 2.3.

**Функціональна  
схема норії:**

- 1 – приводний барабан;
- 2 – вивантажувальний патрубок;
- 3 – стрічка;
- 4 – ківш;
- 5 – труби;
- 6 – натяжний барабан;
- 7, 8 – приймальні патрубки

Таблиця 2.1

## Технічна характеристика норій

Параметри	Модель				
	НЛ-5А, вик.01...08	НЛ-5А, вик.09...13	У2- УН-10	У2- УН-20	У2- УН-30
Продуктивність по зерну, т/год.	5	7	10	20	30
Швидкість стрічки, м/с	1,42	1,42	2,20	2,20	2,20
Ширина стрічки, мм	125	125	125	125	125
Крок ковшів, мм	200	200	110	55	66
Висота підйому продукту до, м	10	13	45	45	45
Встановлена потужність, кВт	0,75	1,1			
Маса, кг	285...394	406...458			

Таблиця 2.2

## Технічна характеристика конвеєрів

Параметри	Модель			
	Стрічковий КСГ	Стрічковий ТБ	Скрітковий ТСЦ	Гвинтовий НО
Продуктивність по зерну, т/год.	100...350	100...350	До 450	3,5...10,5
Ширина, мм: – стрічки – жолоб – діаметру гвинта	500...800	500...800	200...700	134; 200
Довжина, м	90; 100	45; 65	до 60	2,5...10,5

Стрічкові конвеєри випускаються таким конструктивним виконанням:

- для завантажування і вивантажування зернових силосів: надсилосний і підсилосний;
- реверсивний з вивантаженням на кінцях;
- реверсивний з вивантаженням на середині;
- двосторонньої дії.

Тяговим органом скребкового конвеєра є ланцюг або стрічка, а робочим – скребки з листової сталі прямокутної чи трапецеподібної форми. Скребкові конвеєри виконуються у трьох конструктивних варіантах з переміщенням продукту верхньою гілкою, нижньою й обома гілками.

Гвинтові конвеєри не мають тягового органа. Гвинт, при обертанні в металевому циліндрі, надає продукту поступального руху.

Гравітаційні транспортери призначені для переміщення продукту зверху вниз по вертикалі під дією сили тяжіння (гравітації) без витрат механічної енергії за допомогою самотечійних труб, лоткових або гвинтових спусків. Найбільшого розповсюдження набули самотечійні труби, їх виготовляють круглого перерізу, рідше – квадратного. Для керування потоком продукту застосовують сектори, вводи, клапани, переходи, засувки, інші розподільчі пристрої.

Продуктивність транспортерів  $Q$ , т/год. визначають за формулою:

$$Q = 3.6 v q, \quad (2.1)$$

де:  $v$  – швидкість переміщення тягового органа транспортера, м/с (беруть в межах: 0,05...0,65 – для пластинчастих, 0,1 ...0,65 – для скребкових із суцільними скребками, 0,1... 0,25 – скребкових із зачуреними скребками і 0,05...0,5 – підвісних).

$q$  – погонна маса вантажу, кг/м.

Погонну масу  $q$  визначають за формулами:

при транспортуванні вантажу неперервним рівномірним потоком:

$$q = S \rho_w, \quad (2.2)$$

де:  $S$  – площа поперечного перерізу вантажу на несучому елементі, м<sup>2</sup>;

$\rho_w$  – насипна маса вантажу, кг/м<sup>3</sup>;

– при транспортуванні вантажу порціями (ковшами, мішками тощо) або штуками:

$$q = \frac{m}{a} = \frac{V \cdot \rho_v}{a}, \quad (2.3)$$

де:  $m$  – маса порції вантажу, кг;  $a$  – відстань між порціями вантажу (ковшами), м;  $V$  – об'єм порції вантажу, м<sup>3</sup>.

**Пневматичний транспорт.** На зернопереробних підприємствах застосовують пневматичні транспортуючі системи (рис. 2.4, 2.5), в яких продукт переноситься в зваженому стані спрямованим повітряним потоком. Пневмотранспорт на відміну від механічного просто і зручно компонується з довільними розгалуженнями комунікацій в просторі, може забезпечити переміщення продукту у необхідних напрямках. Він більш надійний, дозволяє об'єднати операції транспортування з аспірацією технологічного устаткування. Недолік його – вищі від механічного транспорту на 25...30 % питомі витрати споживаної енергії, однак вони окупаються за рахунок менших прямих експлуатаційних витрат.

Принцип роботи пневмотранспортних установок полягає в транспортуванні сипких матеріалів повітряним потоком унаслідок створення різниці тиску на кінцях трубопроводу. При цьому повітря виконує функції несучого (транспортуючого) середовища, а переміщуваним середовищем є тверді частинки матеріалу.

Залежно від способу створення різниці тиску та її значення пневмотранспортні установки підрозділяють на всмоктувальні, нагнітальні і змішані (всмоктувально-нагнітальні); на установки низького (до  $5 \cdot 10^3$  Па), середнього ( $5 \cdot 10^3$ ... $5 \cdot 10^3$  Па) і високого (понад  $5 \cdot 10^3$  Па) тиску.

У всмоктувальних установках (рис. 2.4, а) повітря з системи відсмоктується вентилятором, в системі створюється розрідження. Повітря спрямовується в завантажувальний пристрій, захоплюючи матеріал. Достоїнствами всмоктуючих пневмоустановок є простота конструкцій, можливість самозабора вантажу, забезпечення високих санітарно-гігієнічних умов. До недоліків слід віднести неможливість створення високого тиску. Всмоктуючі установки пневматичного транспорту застосовуються для завантаження і розвантаження зерно-

вих продуктів з автомашин, вагонів, барж для переміщення їх на елеваторах, млинах тощо.

У нагнітальних установках (рис. 2.4, б) вентилятор нагнітає повітря в пневмосистему, створюючи підвищений тиск повітря. Достоїнство нагнітальних установок – можливість створення високого тиску, що дозволяє транспортувати зернові продукти високої концентрації. Їх недолік – складність конструкції завантажувальних пристроїв і високі вимоги до герметизації пневмосистеми. У сільському господарстві застосовують нагнітальні установки низького тиску для транспортування половини, соломи, трав'яного борошна тощо; середнього – для транспортування зернових продуктів; високого – для транспортування зерна, силосу.

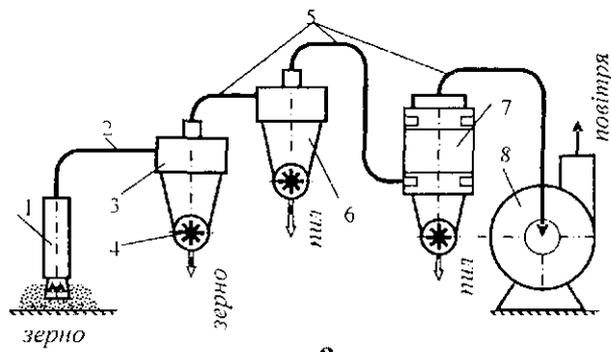
Змішані установки (рис. 2.4, в) найчастіше застосовуються для перевантажувальних робіт. Матеріал тут, як правило, проходить через вентилятор, на що додатково витрачається значна енергія. Змішані установки переміщують сипкі продукти з складів, автомашин і можуть подавати їх на висоту до 12 м.

Переміщувані продукти характеризуються розмірами частинок, густиною і, природно, рух частинок в трубопроводі залежатиме від їх аеродинамічних параметрів. Одним з найважливіших параметрів є швидкість витання (критична швидкість) частинок продукту (див. п. 1.2).

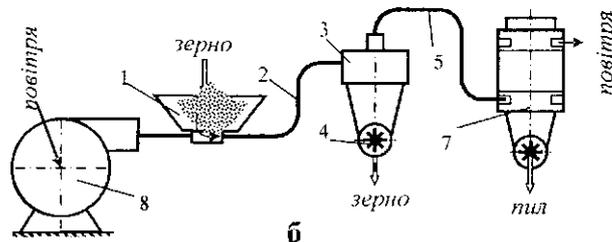
Суміш повітря матеріалу, що транспортується, характеризується коефіцієнтом масової концентрації суміші  $\mu$ . Він показує насиченість суміші частинками матеріалу і обчислюється як відношення маси переміщуваного в одиницю часу матеріалу (тобто продуктивності установки  $Q$ ) до масової витрати повітря  $G_n$  за той же час:

$$\mu = \frac{Q}{G_n} \quad (2.4)$$

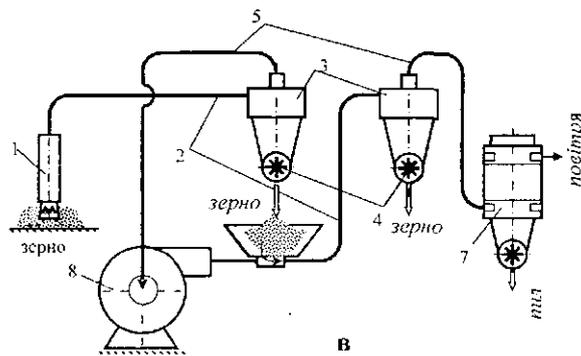
При великих значеннях коефіцієнта концентрації  $\mu$  можливі завали трубопроводів, при малих – зменшується продуктивність установки і збільшується її енергомісткість. Для розрахунків пневмотранспорту зернопереробних виробництв значення коефіцієнтів масової концентрації суміші беруть з таблиці 2.3.



**а**



**б**



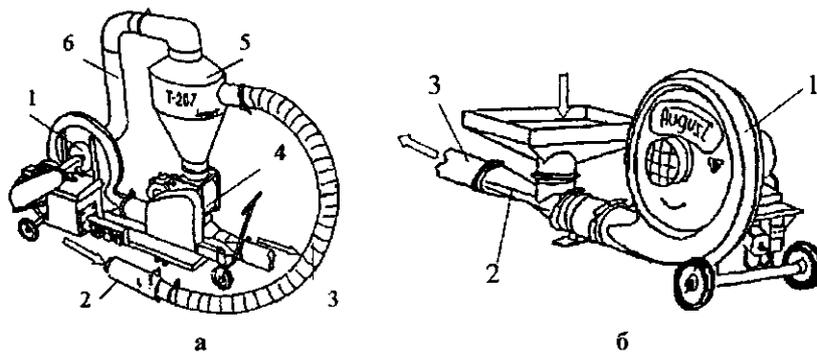
**в**

**Рис. 2.4. Схеми простих пневмотранспортних установок:**  
 а – всмоктувальна; б – нагнітальна; в – змішана:  
 1 – приймач; 2 – магістралопровід; 3 – віддільник; 4 – шлюзовий затвор;  
 5 – повітропровід; 6 – пиловіддільник; 7 – фільтр; 8 – вентилятор

Таблиця 2.3

**Рекомендовані значення коефіцієнта  
масової концентрації суміші  $\mu$**

Транспортуємий матеріал	Тип установки	$\mu$
Зерно	Всмоктуючий (низький і середній вакуум)	3,0...8,0
	Нагнітальний (низький і середній тиск)	3,0...5,0
	Всмоктуючий (високий вакуум)	15,0...25,0
	Нагнітальний (високий тиск)	40,0
Солома, солома	Всі типи	0,3...2,0
Сіно	"-	0,3...0,8
Борошно, крупа	"-	4,0...6,0
Зернобобових культур	"-	1,5...4,0
Волокнисті матеріали	"-	0,1...0,6
Добре сипкі продукти	"-	15,0...20,0



**Рис. 2.5. Загальний вигляд простих пересувних  
пневмотранспортних установок:**

а – всмоктувальна, б – нагнітальна: 1 – вентилятор; 2 – приймач;  
3 – матеріалопровід; 4 – шлюзовий затвор; 5 – віддільник; 6 – пневмопровід

*Основні вузли пневмотранспортних установок.* Пневматична установка з вузлів: вентилятора; завантажувального (приймач) і розвантажувального (віддільник) пристроїв; матеріало- і повітропроводів; пиловіддільника для очищення повітря від пилу; герметизуючих пристроїв.

**Вентилятори.** У пневматичних транспортерах зернопереробних сільськогосподарських виробництв переважно використовують радіальні і осеві вентилятори. Параметрами вентилятора, як і пневмотранспортної системи в цілому, є повний тиск  $p$ , залежний від частоти обертання колеса, продуктивність  $V_n$  (об'єм переміщуваного повітря в одиницю часу), потрібна потужність і коефіцієнт корисної дії. Найбільше поширені відцентрові вентилятори **ЦВ-18** № 8 і № 9, **ВД** № 3 і **ВД** № 4 та ін.

**Завантажувальні пристрої.** Для установок вемоктувального типу застосовують вертикальні і горизонтальні приймачі. Вертикальні приймачі служать для подачі матеріалу у вертикальний матеріалопровід. Вони бувають відкритого і закритого типу. У приймачі відкритого типу повітря поступає безпосередньо з навколишнього середовища, в приймачі закритого типу – з технологічних машин, забезпечуючи тим самим його очищення.

До приймачів відкритого типу відноситься приймач **ПТМ-1** (рис. 2.6, а). Принцип його роботи такий. Транспортуємий продукт поступає у вертикальний корпус 1 через трубу, що має засувку 3 для регулювання його подачі. Відрізок труби з оглядовим люком 4 має прямокутний перетин і закінчується закругленням, що зменшує опір руху продуктів і сприяє більш рівномірний його розподіл по поперечному перерізу. Швидкість повітря в місці завантаження регулюють за допомогою вертикальної плоскої стінки 6, зміною ширини каналу від 20 до 105 мм. Вертикальні приймачі відкритого типу прості за конструкцією, зручні в експлуатації і мають незначний аеродинамічний опір. Їх недолік – відсутність аспірації присіданих машин.

У відкритому приймачі типу “сопло” (рис. 2.6, б) встановлені регулювальний клапан 5 з затискним гвинтом і поворотна манжета 6 з прорізами для видалення з приймача продукту. Для забору зерна з буртів використовують приймач (рис. 2.7), який занурюється на глибину

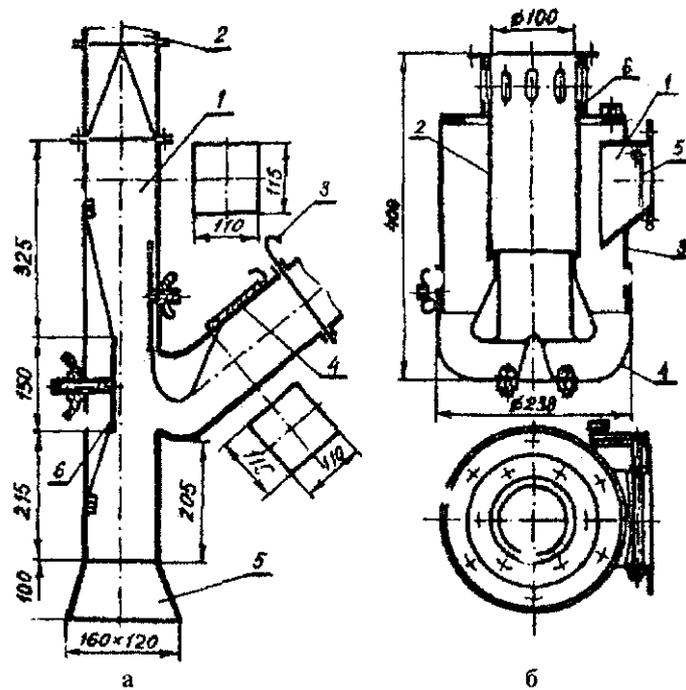


Рис. 2.6. Приймач відкритого типу ПТ М-1 (а) і типу "сопло"(б):  
 а: 1 – корпус; 2 – матеріалопровід; 3 – засувка; 4 – люк; 5 – колектор;  
 б – стінка; б: 1 – приймальний патрубок; 2 – труба; 3 – корпус; 4 – основа;  
 5 – клапан; 6 – поворотна манжета

300...400 мм в зерновий бургт і засмоктує зерно разом з повітрям. Кількість засмоктуваного повітря регулюють взаємним переміщенням труб 1 і 2 сопла за допомогою болтів 6.

Механічний роторний приймач (рис. 2.8) має крильчатку з лопатками 2, яка приводиться в рух від електроприводу. В матеріалопровід, через зазори між лопатками засмоктується повітря. При перевантаженні приймача клапан 3 під дією ваги матеріалу відхиляється і надлишок продукту викидається назовні. Клапан повертається в початкове положення під дією ваги вантажів 4. Працюють ці приймачі з великою продуктивністю (до 12 т/год.) при концентрації суміші  $\mu \leq 6$ .

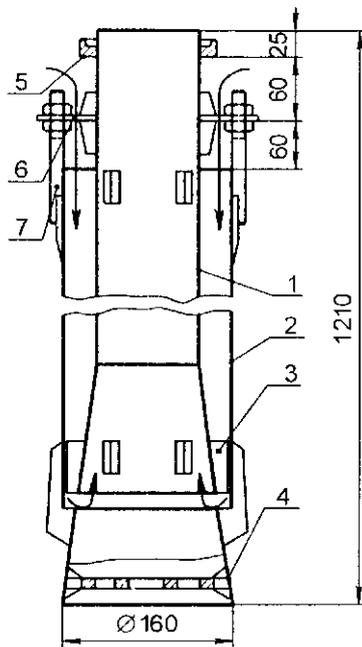


Рис. 2.7. Приймач для забору зерна з бурта:

- 1 – внутрішня труба; 2 – зовнішня труба;
- 3 – направляючі ребра; 4 – конус з сіткою;
- 5 – лапки, приварені до труби; 6 – регулювальні болти

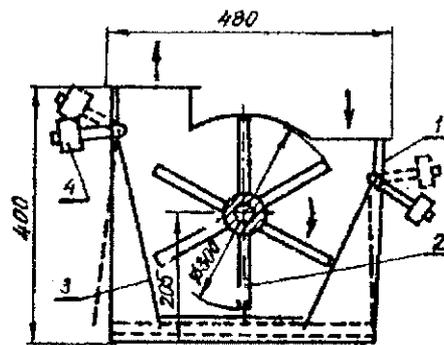


Рис. 2.8. Механічний приймач з крильчаткою:

- 1 – корпус; 2 – крильчатка; 3 – клапан;
- 4 – вантажі

Для подачі зернових продуктів в горизонтальні матеріалопроводи пневмоустановок всмоктувального типу застосовують приймачі “трійник” горизонтальний (рис. 2.9).

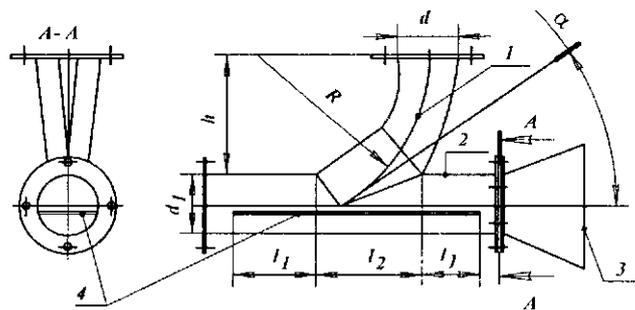


Рис. 2.9. Приймач типу “трійник”:

- 1 – прийомний патрубок; 2 – приймач; 3 – колектор; 4 – перегородка

Зерно поступає через прийомний патрубок, його кількість можна регулювати засувкою. Для запобігання завалам в приймачі зроблена горизонтальна перегородка. Кут нахилу завантажувального патрубку приймача повинен бути більше кута природного укосу зерна, що транспортується. Звичайно приймають  $\alpha = 45^\circ$ . Розміри приймача, діаметр матеріалопровода  $d_f$  і діаметр патрубку  $d$  зв'язані співвідношеннями:

$$R = 1,5d; \quad h = 2d \cos \alpha; \quad l_1 = \frac{d_f}{2 \operatorname{tg} \alpha}; \quad l_2 = 2d \sin \alpha. \quad (2.5)$$

У пневмотранспортних установках нагнітального типу завантажувальними пристроями служать ежектори і шлюзові затвори. Основна вимога до них – забезпечення герметичності і запобігання втрати повітря в приймачі, в якому завжди є надлишковий тиск. Приймачі ежекторного типу застосовують в нагнітальних установках з надмірним тиском до 5 кПа. У ежекторі (рис. 2.10) передбачено регулювання поперечного перерізу дифузора 4, пересуванням в пазах прийомної воронки 3 пластини 5.

Принцип дії цього приймача заснований на створенні статичного тиску в приймачі, рівного або трохи меншого за атмосферний, внаслідок чого продукт може вільно поступати в матеріалопровід.

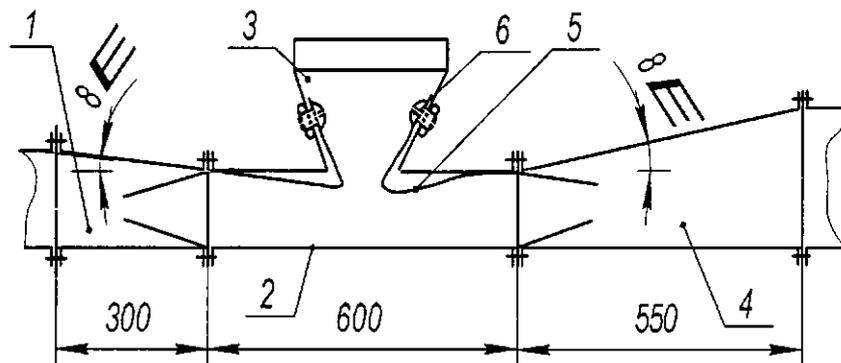


Рис. 2.10. Приймач ежекторного типу:

- 1 – колектор; 2 – корпус ежектора; 3 – прийомна воронка; 4 – дифузор;  
5 – регулювальна пластина; 6 – регулювальні гвинти

У шлюзовий затвор (рис. 2.11) продукт поступає самопливом через прийомний патрубок 4, заповнює вільний простір між лопатками ротора і при повороті ротора на  $180^\circ$  висипається з них. З випускного патрубку продукт поступає в матеріалопровід пневмотранспорту або в технологічну машину. Для забезпечення достатньої герметичності зазор між корпусом і лопатками ротора повинен бути не більше  $0,05$  мм.

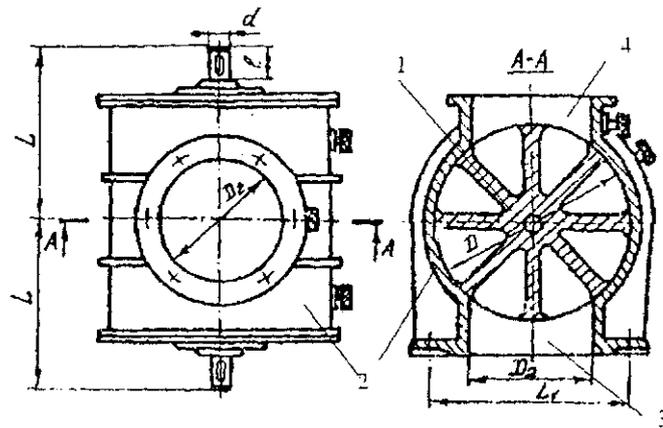


Рис. 2.11. Шлюзовий затвор:

1 – ротор; 2 – корпус; 3, 4 – вхідний і вихідний патрубки

**Віддільники** (розвантажувачі). Для відокремлення продукту від повітря застосовують об'ємні і відцентрові розвантажувачі. Об'ємні віддільники (рис. 2.12, а) використовують в пневмотранспортних установках, наприклад, для вивантаження зерна.

Вони мають малий аеродинамічний опір, просту конструкцію, недорогі в експлуатації. Однак велика маса, розміри і вартість обмежують їх застосування. Відцентрові віддільники (циклони) ЦР, ЦРК і УЦ-38 (рис. 2.12, б) добре працюють на всмоктування і нагнітання. Потік, що складається з твердих частинок і повітря, поступає в циклон напрямним патрубком по дотичній до циліндричної частини корпусу. Під дією відцентрової сили частинки продукту відкидаються до внутрішньої поверхні корпусу, силами тертя загальмовуються і опускаються вниз. Повітря, захопивши з собою пил, виходить через центральну трубу.

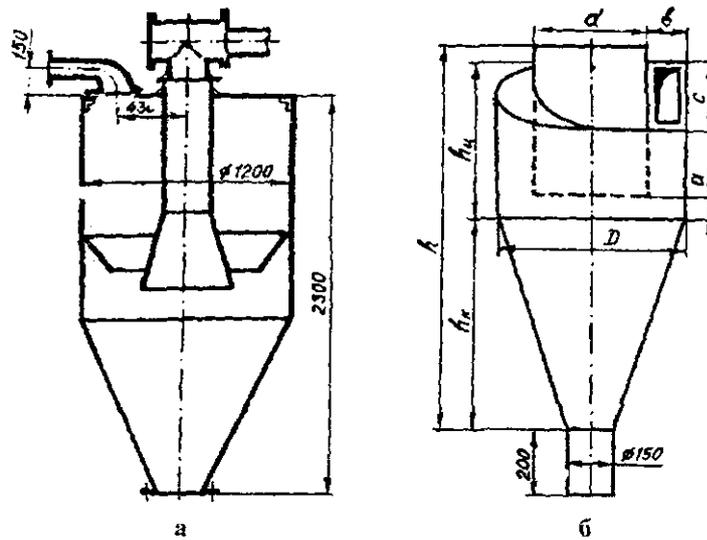


Рис. 2.12. Розвантажувачі:  
а – об'ємний; б – відцентровий (циклон)

При транспортуванні зерна рекомендується застосовувати відцентрові віддільники **ЦРК**, вони ефективніше працюють на крупнозернистих продуктах. На пилоподібних продуктах (борошно, проміжні продукти помелу) доцільно застосувати віддільники **ЦР** і **ТЦ-38**.

Відцентрові віддільники підбирають по витраті повітря  $V_n$ , яке підлягає відділенню від продукту з урахуванням зміни його стану. Розрахункову кількість повітря  $V_{np}$  розраховують за формулою:

$$V_{np} = (1 + p_{ст} \cdot 10^5) V_n, \quad (2.6)$$

де  $p_{ст}$  – статичний тиск у вхідному патрубку віддільника, Па.

Матеріало- і повітропроводи виготовляють із сталевих безшовних горячекатаних або холоднокатаних труб. В сільському господарстві застосовуються труби діаметрами 75...350 мм з товщиною стінки 0,4...4 мм. В пневмотранспорті високого тиску застосовують труби з товщиною стінки до 6 мм. Застосування пластикових труб стримується через утворення статичної електрики, що негативно з погляду охорони довкілля.

**Пилівіддільники** служать для очищення повітря від пилоподібних частинок, що містяться в ньому. У пневмотранспортних установках зернопереробних підприємств найчастіше застосовують двоступеневе очищення повітря. Для первинного, грубого очищення повітря, використовують циклони, остаточне очищення роблять як циклонами, так і тканинними фільтрами.

Ефективність очищення у циклонах зростає із зменшенням діаметра циліндричної частини циклону. Але такі циклони мають малу пропускну спроможність, тому з них складають батареї для паралельної роботи.

Для очищення повітря від тонкого і легкого пилу широко застосовують тканинні фільтри. Вони складаються з декількох тканинних рукавів, розташованих у корпусі з листової сталі. Пильне повітря поступає в рукави і через них проникає в простір між кожухом, звідки і відсмоктується. Періодично рукави струшують для зсипання пилу в нижню частину корпусу, звідки він відділяється через спеціальний клапан.

**Розрахунок пневмотранспортних систем.** Вихідними даними для розрахунку пневмотранспортної системи є її продуктивність  $Q$ , характеристика перемішуваного продукту і схема системи з позначеннями довжини окремих ділянок.

Розрахунок роблять в такій послідовності:

1. Залежно від виду продукту, що транспортується, і типу установки вибирають величину швидкості витання  $v_k$  (див. табл. 1.5) і значення коефіцієнта масової концентрації суміші  $\mu$  (див. табл. 2.3).

2. Швидкість повітря  $v_k$  в матеріалопроводі приймаються залежно від критичної швидкості  $v_k$  в межах  $v_n = (1,25 \dots 2,5)v_k$ . Швидкість повітря можна вибирати виходячи з дослідних даних: для зерна пшениці, жита, ячменю, гречки – 18...20 м/с; для зерна проса, рису, вівса, продуктів помелу, борошна і висівок – 20...22, для сої, кукурудзи, гороху – 22, полови і соломи – 16...20 м/с.

3. Визначають об'ємну витрату повітря

$$V_n = \frac{Q}{\mu \rho_n}, \quad (2.7)$$

де:  $\rho_n$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>: приймають 1,2 – в умовах атмосферного тиску; 2,0 при підвищеному тиску в системі; 0,8 ...0,95 при розрідженні.

4. Визначають діаметр трубопроводу, мм

$$d_m = 100 \sqrt{\frac{4V_n}{\pi v_n}} \quad (2.8)$$

5. Визначають втрати тиску  $\rho_n$  в матеріалопроводі при русі суміші продукту з повітрям

$$\rho_n = \rho_{np} + \rho_p + \rho_{mp} + \rho_{mo} + \rho_n + \rho_a, \quad (2.9)$$

де:  $\rho_{np}$  – втрати тиску в приймачі;  $\rho_p$  – втрати тиску на розгін продукту;  $\rho_{mp}$  – втрати тиску на тертя при транспортуванні суміші;  $\rho_{mo}$  – втрати тиску в місцевих опорах;  $\rho_n$  – втрати тиску на підйом вантажу;  $\rho_a$  – втрати тиску у віддільнику.

Втрати тиску в приймачі

$$p_{np} = \xi_{np} \frac{\rho_n}{2} v_n^2 \quad (2.10)$$

де  $\xi_{np}$  – коефіцієнт опору приймача. Для приймачів різного типу приймають:

0,3 – для приймачів відкритого типу ПТМ і типу “трійник”; 0,8 – вертикальний типу “сопло”; 1,8 – приймач для забору зерна з бурта; 0 – ежекторного і механічного з крильчаткою.

Втрати тиску  $p_p$  на розгін продукту розраховують за формулою:

$$p_p = (1 + 0,72\mu) \frac{\rho_n}{2} v_n^2 \quad (2.11)$$

У пневматичних установках, оснащених приймачами з механічною крильчаткою та ежекторних, втрати тиску на розгін не враховують.

Втрати тиску на тертя при русі суміші продукту повітрям

$$p_p = (1 + k\mu) p'_{mp}, \quad (2.12)$$

де:  $p'_{mp}$  – втрати тиску на тертя при переміщенні чистого повітря:

$$p'_{mp} = 10^3 \lambda \frac{l_m}{d_u} \frac{P_n}{2} v_n^2, \quad (2.13)$$

де:  $l_m$  – довжина матеріалопровода, м;  $\lambda$  – коефіцієнт опору тертю, який розраховують за формулою:

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}}, \quad (2.14)$$

де:  $Re = v_n d_m / \nu$  – число Рейнольдса;  $\nu = 15 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості повітря.

$k$  – коефіцієнт, який залежить від виду продукту і продуктивності. Приймають при об'ємній продуктивності системи  $V_n = 0,03 \dots 1,10 \text{ м}^3/\text{с}$  таким: 0,35...1,00 – для зерна; 0,06...0,80 – для “грубих” продуктів; 0,04...0,50 – для тонкоподрібнених продуктів. При цьому більші значення  $k$  відповідають більшим значенням  $V_n$ .

Втрати тиску на подолання місцевих опорів в колінах, при звуженні і розширенні трубопроводів тощо, визначають за формулою

$$p_{mo} = \sum_{i=1}^n \xi_m^i \frac{P_n}{2} v_n^2 (1 + \mu), \quad (2.15)$$

де:  $\xi_m^i$  – коефіцієнт місцевого опору  $i$ -ї ділянки матеріалопровід, приймають за справочними даними;  $n$  – кількість місцевих опорів в матеріалопроводі.

Найбільші місцеві опори виникають в колінах, тому радіус  $R$  їх закруглення мусимо приймати в межах: (10...12)  $d_m$  – при транспортуванні продуктів помелу і (4...6)  $d_m$  – при транспортуванні інших продуктів.

Втрати тиску на підйом вантажу

$$p_n = \mu g \rho_n h, \quad (2.16)$$

де  $h$  – сумарна висота підйому продукту, м.

Втрати тиску у віддільнику визначають за формулою:

$$p_{np} = \xi_n \frac{P_n}{2} v_{nn}^2, \quad (2.17)$$

де:  $\xi_n$  – коефіцієнт аеродинамічного опору віддільника;  $v_{nn}$  – швидкість повітря у вхідному патрубку.

Значення  $\xi'_n$  і  $v_{nn}$  приймають з таблиці 2.4

Таблиця 2.4

Швидкість повітря і коефіцієнт опору віддільника

Тип віддільника	$v_{nn}$	$\xi'_n$
Об'ємні	10	2,5
Відцентрові типу:		
ЦРК	12...16	3,7
ЦР	14...18	4,4
УЦ	10...12	20D*

\*  $D$ , м -- діаметр циклона, м.

б) Визначають втрати тиску  $p_{ec}$  у вентиляційній частині пневмотранспорту

$$p_{ec} = p_{nn} + p_{\phi}, \quad (2.18)$$

де:  $p_{ac}$  -- втрати тиску в повітропроводах пневмотранспортної установки;  $p_{\phi}$  -- втрати тиску у фільтрах.

Втрати тиску в повітропроводах розраховують по ділянках згідно зі схемою. Швидкість повітря в повітропроводах приймають  $v_n = 12...14$  м/с. Втрати тиску в повітропроводах визначають за формулою:

$$p_{nn} = \lambda \sum_{i=1}^{i=n} \frac{l_i}{d_{mi}} \cdot \frac{\rho_n v_{nn}^2}{2} + \sum_{i=1}^{i=m} \xi_{\phi}^i \frac{\rho_n}{2} v_{nn}^2, \quad (2.19)$$

де:  $l_i$  -- довжина прямолінійних ділянок повітропроводу;  $m$  -- кількість місцевих опорів у повітропроводі.

Значення коефіцієнтів  $\lambda$  і  $\xi'_{\phi}$  приймають як і в п. 5.

Батарейні циклони вибирають так само, як і віддільники. Втрати тиску в батарейних циклонах визначають за формулою:

$$p_{\phi} = \xi_{\phi} \frac{\rho_n}{2} v_{nn}^2, \quad (2.20)$$

де:  $\xi_{\phi} = 6,0$  для батарейного циклону **4БЦШ** і  $\xi_{\phi} = (20... 25) \cdot D$  -- для батарейного циклону типу **УЦ**;  $D$  -- діаметр циклона).

Аеродинамічний опір фільтру  $p_{\phi}$  беруть за паспортними даними.

7) Визначають сумарний опір пневмотранспортної системи  $p$  і вибирають вентилятор за розрахунковими витратами повітря і потрібним тиском, сумарний опір пневмотранспортної системи розраховують за формулою:

$$p = 1,1(p_m + p_{ac}) \quad (2.21)$$

8) Визначають необхідну потужність  $N_o$ , *кВт* приводу вентилятора

$$N_o = \frac{10^{-3} p V_n}{\eta_1 \eta_2}, \quad (2.22)$$

де:  $\eta_1, \eta_2$  – ККД вентилятора і механічного приводу відповідно (їх визначають за типовою методикою).

#### **Особливості розрахунку розгалужених пневмотранспортних систем**

За компоновкою і призначенням розгалужені пневмотранспортні системи поділяють на три типи: установки, призначені для транспортування продукту з однієї точки завантаження в різні точки розвантаження; установки, призначені для транспортування продукту з різних точок завантаження до загальної точки розвантаження і працюючі послідовно в часі; установки, призначені для одночасного переміщення різних продуктів з різних точок завантаження в різні точки розвантаження. Повітропроводи після віддільників об'єднують в загальний колектор, вихід якого з'єднують з батареєю фільтрів для чищення.

Розрахунок систем першого типу проводять за умови переміщення вантажу на найбільшу відстань, другого типу – спочатку розраховують матеріалопровід найбільшої протяжності, потім розраховують окремі розгалуження. Третій тип пневмотранспортної системи починають з розрахунку траси найбільшої продуктивності, для неї визначають втрати тиску до місця входу в колектор. Потім розраховують окремі матеріалопроводи, слідкують за тим, щоб коефіцієнти масової концентрації суміші і діаметри трубопроводів не відрізнялись більш ніж на 5 %.

## 2.2. Способи і механізовані процеси зберігання зерна і насіння

**Способи зберігання.** Способи і режими зберігання зернових мас визначаються їх властивостями. Найважливішими факторами, що впливають на збереження зернопродуктів є інтенсивність їх провітрювання, вологість та температура зернопродуктів і середовища в якому вони зберігаються.

У практиці зберігання зернопродуктів застосовують такі основні режими:

- зберігання у сухому стані при вологості, що не перевищує базисні кондиції;
- зберігання в охолодженому стані, тобто при зниженій температурі до межі, що робить значний гальмуючий вплив на всі життєві функції зерна;
- зберігання зернопродуктів в герметичних умовах (без доступу повітря).

Режим зберігання зерна у сухому стані ґрунтується на зниженій фізіологічній активності багатьох його компонентів при нестачі в них води. Так, у зерні пшениці вологістю в межах до критичної (не вище 14 %), фізіологічні процеси уповільнені, і практично не мають суттєвого впливу на показники її якості, зерно зберігається тривалий час без помітних втрат. Пояснюється це відсутністю вільної води, що могла б приймати участь у процесі обміну речовин у клітинах зернівок. Відсутність вільної води не дає можливості розвиватися мікроорганізмам. Відомо також, що при збереженні зерна в сухому стані припиняється розвиток кліщів і в значній мірі скорочує життєдіяльність деяких комах. Наприклад, якщо вологість зерна не вища базисних кондицій і воно не заражене комахами, то при правильній організації зберігання воно буде знаходитися в анабіозному стані.

**Зберігання в сухому стані** – необхідна умова для підтримки високої життєздатності посівного матеріалу. Цей спосіб зберігання є найбільш прийнятним для довгострокового збереження продовольчого зерна, борошна, крупів, комбікормів. Систематичне спостереження за станом сухого зерна, своєчасне охолодження і достатня ізоляція від навколишніх зовнішніх впливів дозволяють зберігати зерно з мінімальними

втратами протягом року у зерносховищах с.-г. переробних підприємств, обладнаних системою пасивного вентилявання і 2...3 років на промислових елеваторах.

*Зберігання зерна в охолодженому стані* є одним із засобів, що забезпечують скорочення втрат зерна. Навіть при збереженні сухого зерна його охолодження дає помітний додатковий ефект і збільшує збереження без помітних втрат. Режим зберігання в охолодженому стані ґрунтується на чутливості всіх живих компонентів зернової маси до температури. Життєдіяльність зерна основної культури, насіння бур'янів, мікроорганізмів, при знижених температурах різко знижується або зупиняється зовсім. Своєчасним охолодженням зерна до мінус 2...5 °С досягають його консервування на весь період зберігання. Особливого значення набуває тимчасове зберігання вологого зерна в охолодженому стані, яке не вдається висушити в короткий час.

У переробних с.-г. виробництвах застосовують пасивне охолодження зерна провітрюванням зерносховищ і активне вентилявання. Таке охолодження застосовують при температурі повітря навколишнього середовища нижчій температури зерна. У літньо-осінній період його роблять у нічний час, з настанням стійкої холодної і сухої погоди – цілодобово. Найкращі результати спостерігаються при збереженні в такий спосіб сухого зерна і зерна середньої сухості. Хоча спосіб має недоліки, він усе-таки найпоширеніший, тому що енергомісткість його невисока в порівнянні з іншими.

*Зберігання без доступу повітря* – це майже єдиний спосіб, що забезпечує збереження зерна з підвищеною вологістю, який виключає необхідність застосування сушіння, активного вентилявання та інших енерговитратних засобів. Однак у цьому випадку спостерігається деяке зниження якості зерна (потемніння, утворення спиртового і кислотного запаху, ріст кислотного числа тощо), що негативно впливає на його хлібопекарські і кормові властивості. Зовсім виключається можливість зберігання зерна без доступу повітря, призначеного для посіву, так як матимемо часткову або повну втрату його схожості.

Вибір способу та режимів зберігання визначається багатьма умовами, у числі яких мусять бути враховані кліматичні умови місцевості, типи і стан наявних зерносховищ, цільове призначення зерна, його

якість і, нарешті, економічна доцільність застосування того або іншого способу зберігання.

**Очищення і сортування зерна при зберіганні.** Одна із перших і найважливіших технологічних операцій при прийманні, обробці і зберіганні зерна є сепарування, тобто розділення сипучих матеріалів на фракції, які відрізняються властивостями часточок. Метою очищення зерна є: забезпечення необхідної якості зерна; підвищення насінних якостей зерна; поліпшення умов зберігання зерна; зниження зараженості зерна шкідниками; створення сприятливих умов для сушіння зерна.

Від якості очищення зерна (сепарування) залежить завантаження, продуктивність, і ефективність роботи машини під час переробки зерна на борошно, крупи їх якість і техніко-економічні показники підприємства в цілому.

Очищення зерна від домішок і сортування на фракції здійснюють різноманітними робочими органами (рис. 2.13) за наступними показниками:

- за розмірами (довжина, ширина, товщина);
- аеродинамічними властивостями (швидкість витання);
- формою і станом поверхні (фрикційні властивості);
- за щільністю (гравітаційні властивості);
- за кольором;
- магнітними властивостями;
- за пружністю та ін.

Машини для очищення зерна розглядаються в розділі 3.

**Сушіння зерна активним вентиляванням.** Для якісного зберігання зерна в зерносховищах використовують активне вентилявання зерна атмосферним, підігрітим або охолодженим повітрям. *Активним вентиляванням* називають примусове продування зернової маси повітрям без її переміщення. Цей спосіб обробки зерна дозволяє підсушувати зерно до оптимальної вологості, запобігти і ліквідувати його самозігрівання, а також охолодити його до температури, що забезпечує довгострокове зберігання. У залежності від технологічного призначення і теплового режиму обробки активне вентилявання поділяють на профілактичне, вентилявання для охолодження, сушіння, підігрівання насіння перед посівом і для дегазації зерна.

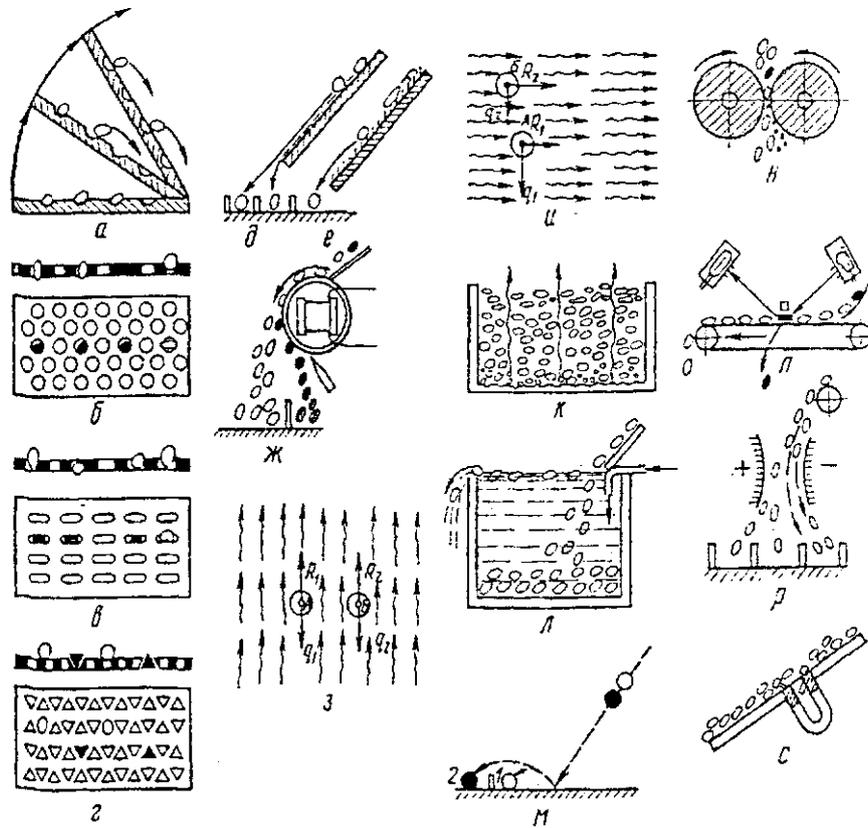


Рис. 2.13. Принципи і способи очищення та сортування зерна:

- а) за довжиною на трієрній поверхні; б) за шириною на ситах з круглими отворами; в) за товщиною на ситах з прямокутними отворами; г) за формою на ситах з фасонними отворами; д) за формою на похилій гладкій поверхні; е) за станом поверхні на ворсистій похилій поверхні; ж) за станом поверхні на магнітоочисній машині; з), и) за аеродинамічними властивостями; к) у киплячому зерновому потоці; л) у гідросепараторі; м) за пружністю; н) за механічною міцністю; п) за кольором; р) в електричному полі; с) за магнітними властивостями

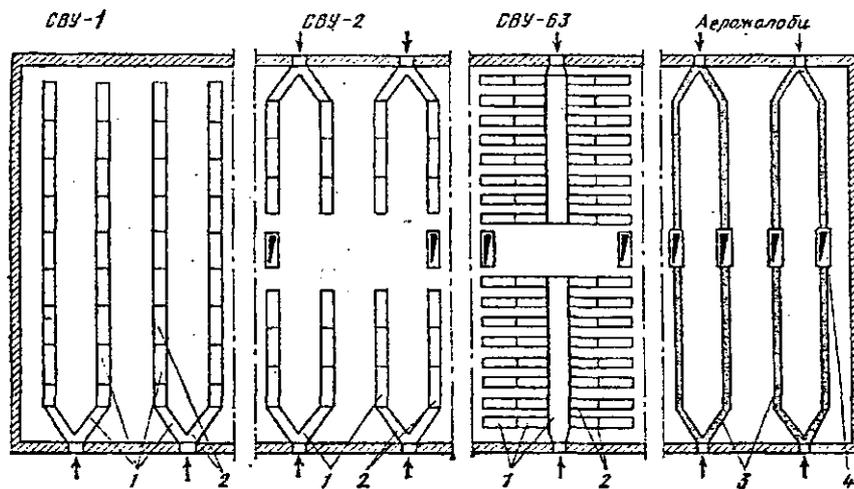


Рис. 2.14. Схеми стаціонарних установок для активного вентилявання зерна в складах з горизонтальною підлогою:

1 – дерев'яний щит; 2 – щит для виходу повітря;  
3 – повітропровід з перфорованим покриттям; 4 – випускна горловина

Для вентилявання зерна в зерносховищах з горизонтальною підлогою використовують стаціонарні вентиляційні установки, а також аерожолоба (рис. 2.14).

Стаціонарні вентиляційні установки СВУ-1 і СВУ-1М мають канали – повітропроводи, що вмонтовані в підлозі приміщення і накріті зверху дерев'яними щитами. Магістральні канали постійні за шириною і перемінні за глибиною. Для вентилявання до вхідного патрубку приєднують вентилятор.

Аналогічну конструкцію має установка СВУ-2, в якій канали-повітропроводи зменшені в два рази.

В установці СВУ-63 кожна секція складається з магістрального і бічного каналів, що розміщені перпендикулярно магістральному. Для механізованого вивантаження й активного вентилявання, використовують також аерожолоба. Найбільш розповсюдженим є аерожолоб АРВ.

Для вентилявання зерна на площадках і під навісами застосовують підлогупереносні установки ТВУ-2 (рис. 2.15, 2.16). Установка являє собою п'ятисекційну перфоровану трубу телескопічного типу, встановлену на полозах.

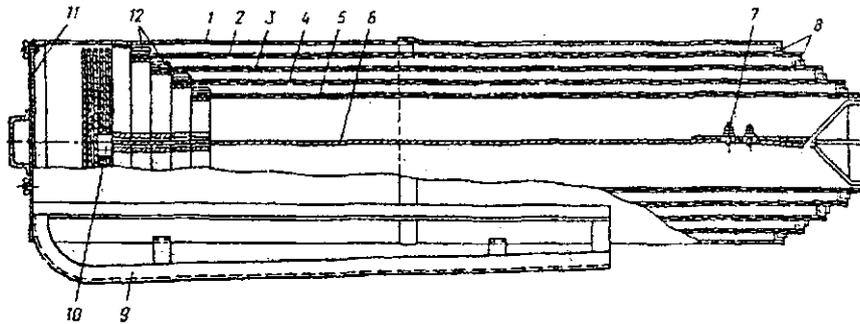


Рис. 2.15. Пересувна телескопічна вентиляційна установка ТВУ-2:  
1 – перша ланка; 2, 3, 4, 5 – перфоровані ланки; 6 – трос; 7 – стягувач;  
8 – ущільнення; 9 – полоза; 10 – фіксатор; 11 – кришка; 12 – повзунки

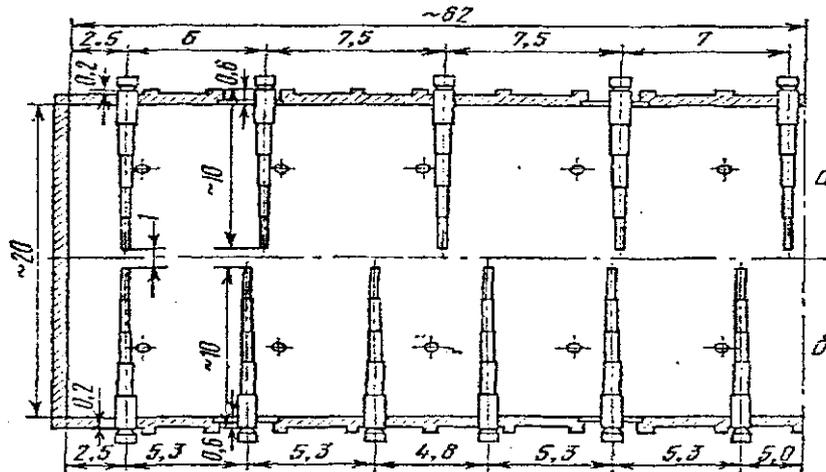


Рис. 2.16. Схеми розміщення телескопічних установок ТВУ-2:  
а) для вентилявання зерна вологістю до 15,5 %;  
б) для вентилявання зерна вологістю більш 15,5 %

Різновидом пересувних телескопічних установок є телескопічний аерожолоб ПТА (рис. 2.17) із квадратним перерізом. Застосування і будова аерожолоба аналогічна установці ТВУ-2. Відстань між осями телескопічних жолобів – 5 м.

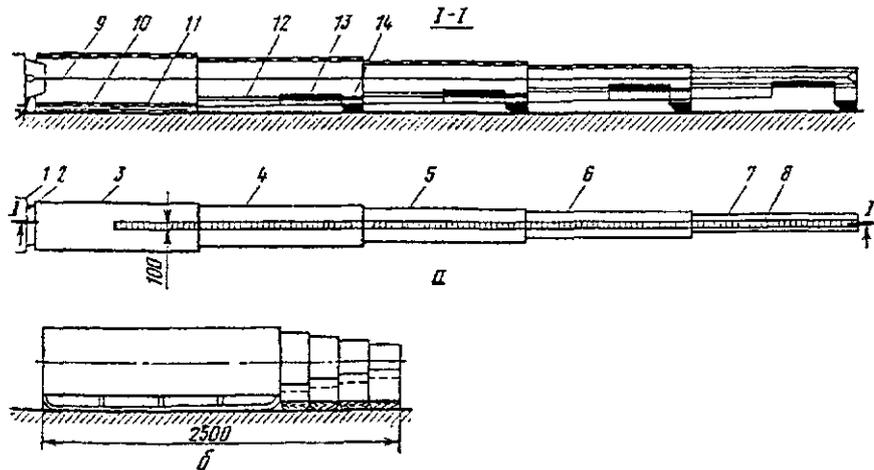


Рис. 2.17. Пересувний телескопічний аерожолоб ПТА:

- а) конструктивна схема; б) аерожолоб в транспортному положенні:  
 1 – вентилятор; 2 – конусний патрубок; 3, 4, 5, 6, 7 – відповідно перша, друга, третя, четверта і п'ята ланка аерожолоба; 8 – перфорована доріжка; 9 – трос;  
 10 – трос-стяжка; 11 – полози; 12 – люк; 13 – заслінка; 14 – повзунок

Для вентилявання зерна в силосах використовують три конструкції установок. Одна з них забезпечує повздовжнє (вертикальне) продування зернової маси знизу догори. Дві інші забезпечують поперечне (горизонтальне) продування зернової маси від однієї стінки силосу до іншої (рис. 2.18).

Для активного вентилявання зерна використовують бункера БВ-25, "Петкус", К-878 та ін. Бункер БВ-25 (рис. 2.19) – стаціонарна установка циліндричної форми з перфорованими стінками і конусоподібним дном із шибром. У середній частині циліндра по центру розміщена повітророзподільна труба, виконана з окремих секцій. Повітря,

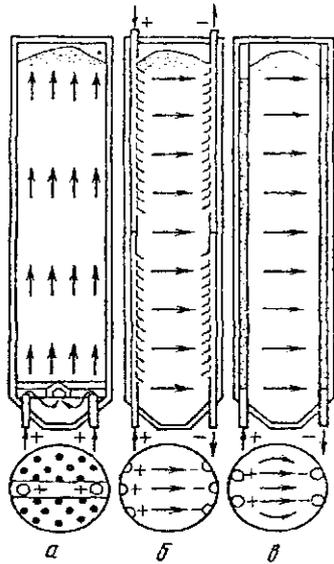


Рис. 2.18. Принципові схеми установок для вентилявання зерна в силосах

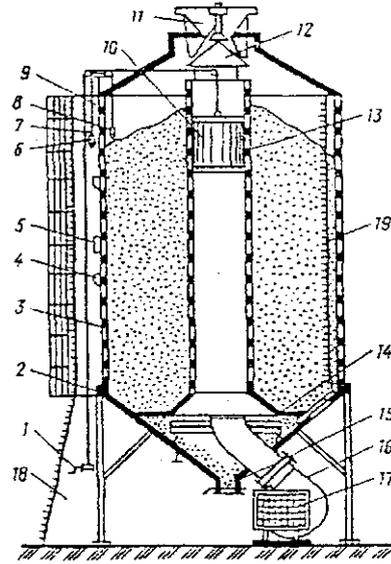


Рис. 2.19. Вентилюваний бункер БВ-25:

- 1 – лебідка; 2 – рама; 3 – циліндр;
- 4 – пробовідбірник; 5 – регулятор вологості; 6, 8 – вантажі; 7 – показчик;
- 9 – показчик рівня зерна; 10 – клапан;
- 11 – розподільник зерна; 12 – конус;
- 13 – повітророзподільна труба; 14 – регулювальне кільце; 15 – шибер; 16 – вентилятор; 17 – електрокалорифер (холодильна машина); 18, 19 – сходи

що нагнітається за допомогою вентилятора надходить у канал (внутрішній циліндр), з нього надходить в зернову масу і виходить через перфоровані стінки назовні. Усередині повітророзподільного каналу є запірний поршень, що переміщується і забезпечує рівномірний розподіл повітря у зерні.

Бункери такого типу оснащені електрокалорифером. При необхідності сушіння зерна електрокалорифер включають на потрібний час.

Після сушіння зерно охолоджують. Завантаження бункерів зерном виконується норіями, а вивантаження – самопливом.

Технічна характеристика вентильованих бункерів приведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

**Технічна характеристика вентильованих бункерів**

Показники	Марка бункера		
	К – 870	БВ – 25	БВ – 40
Місткість бункера, м <sup>3</sup> /(т)	39/29	37/(25)	54/(40)
Діаметр бункера, м	3,0	3,1	3,1
Загальна висота, м	8,14	8,5	11,0
Потужність вентилятора і повітронагрівача, кВт	25,5	35,0	64,0
Подача повітря, м <sup>3</sup> /ч	16000	–	–
Маса бункера, т	2,150	2,3	2,6

**2.3. Класифікація та будова сховищ для зберігання зернових продуктів**

Щоб забезпечити оптимальними режимами зберігання, захистити зернові маси від небажаних впливів навколишнього середовища, виключити невиправдані втрати їхньої маси і якості, зберігання зерна мусить бути організоване в спеціальних сховищах.

Зерносховища (для посівного матеріалу – насіннесховища) споруджують обов'язково з обліком фізичних і фізіологічних властивостей зернової маси. Крім того, до сховищ пред'являють багато вимог: технічних, технологічних, експлуатаційних і економічних. В залежності від цього сховища будують з різних будівельних матеріалів: дерева, каменю, цегли, залізобетону, металу тощо. Їх вибір залежить від місцевих умов, цільового призначення зерносховищ, тривалості зберігання зерна й економічних міркувань. У зерносховищах, побудованих з каменю, цегли, залізобетону, внаслідок малої теплопровідності цих матеріалів, температура різко не змінюється при зміні температури ґрунту.

Зерносховище повинне бути досить міцним і стійким, тобто витримувати тиск зернової маси на підлогу й стіни, тиск вітру тощо. Воно має також захищати зернову масу від несприятливих атмосферних впливів і ґрунтових вод. Крівлю, вікна і двері улаштовують так, щоб виключити можливість проникнення атмосферних опадів у середину, 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 розміщенні 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. 2.20):

- 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 й обробка);

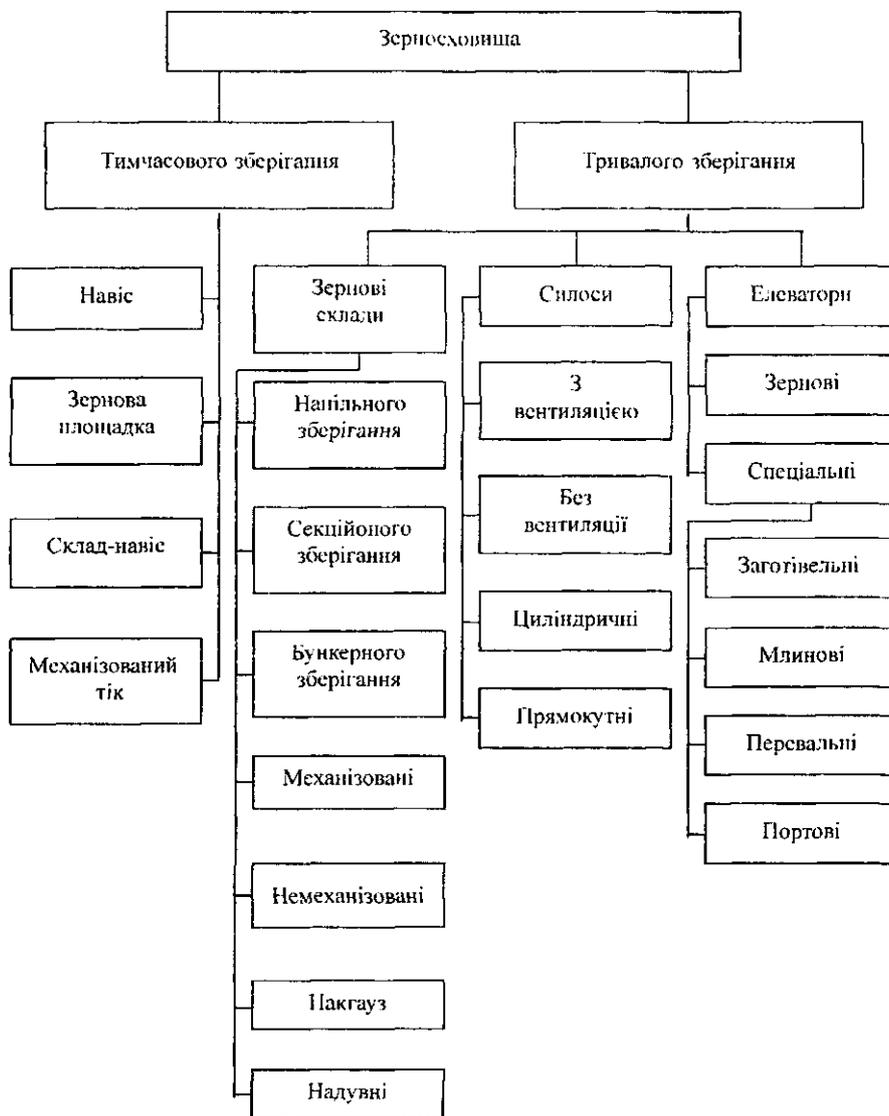


Рис. 2.20. Класифікація зерносховищ

- за ступенем механізації (немеханізовані, напівмеханізовані і механізовані);
- за наявністю і типом вентиляційних установок (канална, напільна, переносна й ін.).

Для зберігання зерна використовують наступні типи зерносховищ (рис. 2.20, 2.21).

*Навіс* (рис. 2.21, а) – споруда для зберігання зерна без стін, але з дахом і асфальтовою підлогою.

*Зернова площадка* (рис. 2.21, б) – асфальтове покриття з ухилом для тимчасового зберігання зерна.

*Бурт* (рис. 2.21, 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. 2.21, в) – приміщення для зберігання зерна насипом (напільне зберігання), секційно або в бункерах.

*Механізований тік* (рис. 2.21, г) – комплекс площадок і споруджень для прийому, первинної обробки (очищення, сушіння) свіжезібраного зерна і його короткочасного зберігання на відкритих *площадках або під навісом*.

*Механізований склад* (рис. 2.21, д) – комплекс для закритого тривалого зберігання і механічної й теплової обробки (очищення, сушіння, знезаражування) зерна.

*Пакгауз* (рис. 2.21, е) – закритий склад для зберігання зерна в тарі з можливістю завантаження і вивантаження його в залізничні вагони.

*Надувний склад* (рис. 2.21, 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. 2.21, 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 пневматичним транспортом, вивантаження – самопливом.

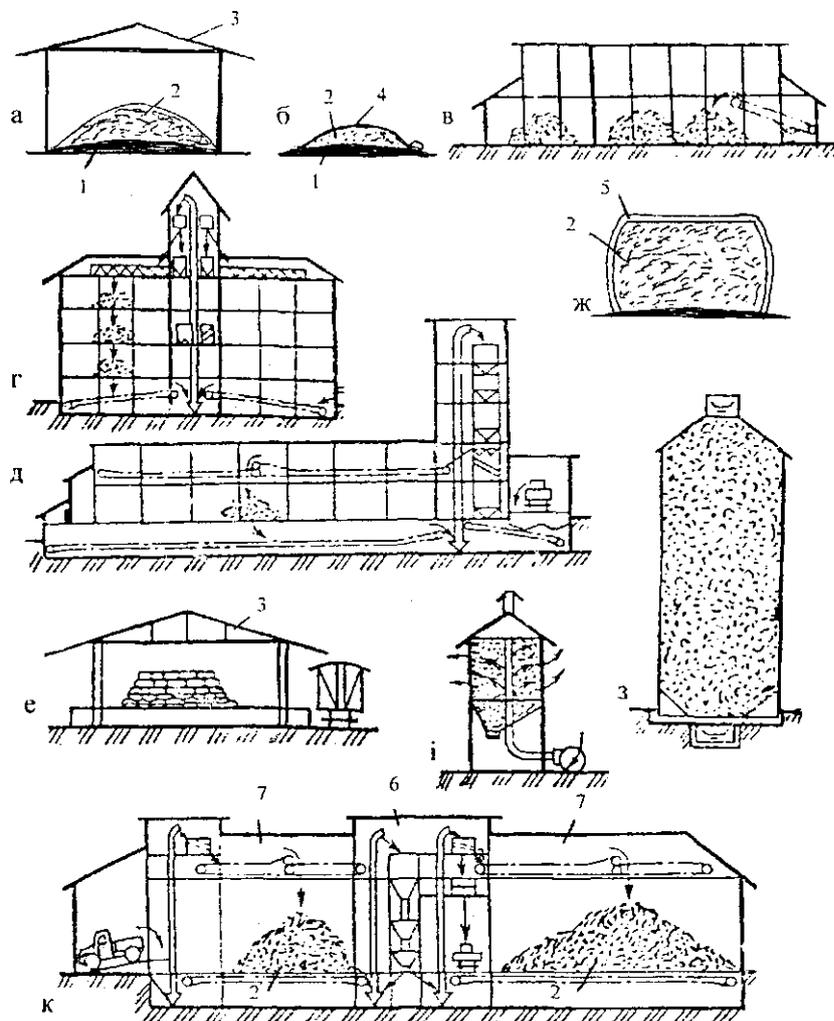


Рис. 2.21. Типи зерносховищ:

а – навіс; б – зернова площадка; в – склад-навіс; г – механічний тік;  
 д – механізований склад; е – пакгауз; ж – надувний склад; з – силос  
 невентильований; і – силос вентильований; к – елеватор, 1 – зернова  
 площадка; 2 – бург; 3 – навіс; 4 – брезент; 5 – пластиківий каркас;  
 6 – робоча вежа; 7 – силос

*Елеватор* (рис. 2.21, к) – потужне промислове підприємство для прийому, обробки, тривалого зберігання і відпуску зерна. Елеватор складається з двох основних частин: робочої вежі і силосних корпусів. У робочій вежі (висотою 50 – 65 м) по поверхнях розміщені зерноочисні, аспіраційні, вагові, дозувальні машини і зерносушарки. Ємність елеваторів коливається від 20 до 140 тис. т і більше, в залежності від цільового призначення.

Для проміжного нагромадження і короткочасного зберігання сировини і готової продукції (зерно, борошно, крупи) на малих переробних підприємствах застосовують бункери з конусним дном ЗАТ “Укрорганкіпрот”, м. Харків типу АЛЕ місткістю від 5000 до 12000 кг (табл. 2.6). Основна перевага таких сховищ – простота конструкції і мала займана площа.

Таблиця 2.6

**Технічна характеристика бункерів  
ЗАТ “Укрорганкіпрот” типу НО**

Модель	НО.0614.03	НО.0609.01
Місткість, м <sup>3</sup> / (тонн)	22,5 / 12	9,0 / 5
Маса, кг	1950	1100
Розміри, мм: А	1750	1600
Н	7985	6728
В	2490	1905

*Бункер* (рис. 2.22) являє собою циліндричну ємність 1 з установленим на металевій рамі 3 конусним дном 2. Для очищення повітря, яке витискає зерно з бункера під час завантаження, служить змонтований на верхній його кришці фільтр 4. На бункері передбачені місця для установки датчиків верхнього і нижнього рівня продукту і вивантажувального вібратора.

Завантажують продукти в бункер пневматичним або механічним транспортом, а розвантажують за допомогою вібратора.

Кілька бункерів можуть бути об’єднані в один блок з площадками обслуговування, сходами і централізованим пультом керування.

Для тривалого зберігання кондиційного зерна і короткострокового зберігання вологого зерна з вентиляцією її охолодженням, застосовуються силоси металеві вентилявані типу **СМВУ** Карлівського машинобудівного заводу, Торгово-Промислової Компанії “Лорд”, м. Миколаїв, а також типу **SPA** фірми “Арай” (Польща).

Силоси типу **СМВУ** випускають у двох виконаннях: з конусним (рис. 2.23, а) і плоским (рис. 2.23, б) днищем.

Конусне днище забезпечує повне вивантаження зерна із силосу самопливом. Силоси такого виконання у зборі встановлюють на опорну металеву підставу 5, яку прикріплюють до фундаменту. Монтаж силосу з плоским днищем (рис. 2.23, б) потребує спорудження фундаменту 9, є бетонною підставкою і убудованими в нього системою активного вентилявання, а також вивантажувального і зачисного гвинтових транспортерів. Силоси типу **СМВУ** з конусним днищем мають місткість від 7 до 1150, а з плоским днищем – від 69 до 3000 тонн (таблиці 2.7–2.8).

Зерно завантажують у силоси обох виконань через засипний отвір 1 у даху силосу норією або пневмотранспортером.

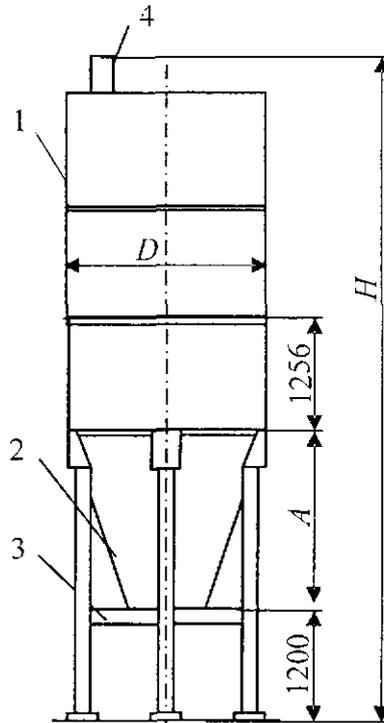


Рис. 2.22. Бункер для зберігання зернопродуктів ЗАТ “Укр-оргстанкінпром” типу ПУ:  
1 – циліндрична місткість;  
2 – конус; 3 – рама; 4 – фільтр

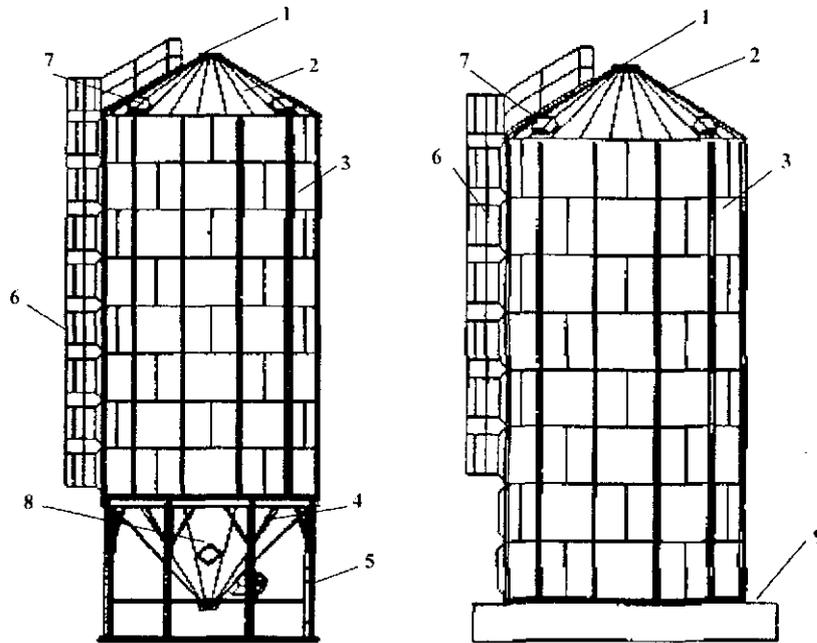


Рис. 2.23. Схема силосів типу СМВУ:

а – з конусним днищем; б – з плоским днищем; 1 – засипний отвір;  
 2 – дах силоса; 3 – бокова стінка; 4 – конусне днище; 5 – зварна рама;  
 6 – драбина; 7, 8 – верхній і нижній інспекційні люки; 9 – фундамент

Таблиця 2.7

**Технічна характеристика силосів із конусним днищем**

Діаметр, мм	Число ярусів	Місткість, т
2750	1...3	6...19
3667	1...6	16...67
4584	2...8	40...137
5500	2...8	66...190
7334	4...12	200...500
11000	5...12	589...1168

Таблиця 2.8

**Характеристика силосів типу СМВУ з плоским днищем**

Діаметр, мм	Число ярусів	Місткість, т
5500	4...10	91...217
7334	6...14	44...540
11000	7...18	655...1568
14688	6...20	1069...3141
16500	8...22	1758...4376
18344	8...22	2204...5438
22000	8...22	3261...7909
27500	8...20	5162...11400

**2.4. Сушарки зернових продуктів**

Сушіння зерна проводять за допомогою пересувних і стаціонарних зерносушарок, повітропідігрівачів, вентиляторів-підігрівачів тощо.

**Класифікація сушарок для зерна.** Зерносушарки класифікують за способом підведення теплоти і взаємодії агента сушіння з зерном та іншими ознаками (рис. 2.24).

За способом підведення теплової енергії сушарки поділяють на наступні класи:

- з конвективним підведенням теплоти (тепло підводиться вентилятованим повітрям);
- з кондуктивним підведенням теплоти (теплота підводиться через поверхню контакту);
- з генерацією тепла в матеріалі (радіаційний спосіб сушіння – сонячна енергія, СВЧ, ультразвук і ін.);
- з комбінованим підведенням теплоти.

В залежності від характеру руху і щільності шару зерна, сушарки з конвективним підведенням теплоти поділяють на сушарки з щільним нерухомим, з щільним рухливим, з нещільним і з пневмозрідженим шаром зерна.

Сушарки з щільним шаром зерна поділяють на наступні типи: лоткові, конвеєрні, шахтні, колонкові, жалюзійні, з коробами.

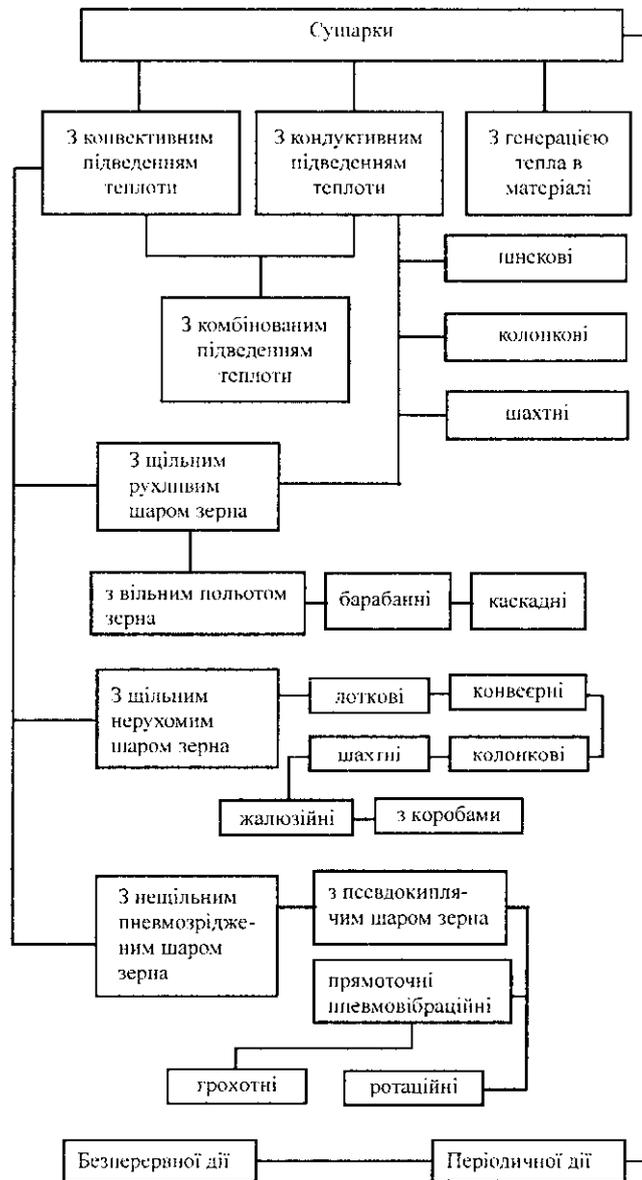


Рис. 2.24. Класифікація сушарок

Сушарки з нерухомим шаром зерна – це шахта з похилим або горизонтальним днищем або колонка із ситовими стінками, у яких сушильний агент проходить через шар зерна в різних напрямках.

За способом підведення сушильного агента до зернового шару сушарки поділяють на підгрупи:

- з одnobічним напрямком руху потоку сушильного агента (відносно товщини зернового шару);
- зі змінним на протилежний напрямком потоку сушильного агента відносно зернового шару в поперечному і поздовжньому напрямках.

Сушарки з нещільним рухливим шаром зерна в сушильному агенті поділяють на:

- з вільним польотом зерна;
- барабанні (прямоточні і протитечійні);
- каскадні (прямоточні, протитечійні, з поперечним потоком сушильного агента);
- з псевдокиплячим шаром (прямоточні і пневмовібраційні грохотні).

За структурою робочого циклу розрізняють сушарки періодичної і безперервної дії. Перевагою сушарок періодичної дії є простота конструкції і можливість регулювання режиму сушіння. Їх застосовують для сушіння невеликих однорідних за якістю партій зерна. Недоліком сушарок періодичної дії є простої під час завантаження і вивантаження зерна, додаткові витрати енергії на прогрівання сушарки після завантаження чергової партії зерна, неефективне використання транспортного обладнання, що простоє під час сушіння. Перевагою сушарок безперервної дії є більш повне використання сушильної камери, кращі умови для контролю якості сушіння, можливість автоматизації процесу сушіння в поточно-технологічних лініях. Їх недолік – нерівномірність руху зерна в шахті, а відповідно нерівномірність його нагрівання і сушіння. За конструктивним виконанням сушарки бувають стаціонарні і пересувні. Пересувні сушарки використовують для сушіння невеликих партій зерна.

**Шахтні сушарки.** Застосовуються сушарки типу (ЗШ, СЗШ, ДСП, SЗ). Вони складаються з однієї або декількох вертикальних сушиль-

них камер (шахт) прямокутного перетину, в яких зерно продувається агентом сушки. Шахти виготовляють із залізобетонних або металевих панелей. Верхня частина шахти призначена для сушіння сирого зерна газоповітряною сумішшю з повітрям, а нижня – для охолодження підсушеного зерна атмосферним повітрям. В шахті встановлені коробки чотиригранної форми з відкритою нижньою стороною, які служать каналами для підведення до зернових шарів і відведення від них агента сушки (або повітря). В деяких сушарках біля стін шахти встановлюють напівкороби, які використовують тільки для відведення відпрацьованого агента сушки, щоб уникнути перегріву пограничного шару зерна біля стін шахти, який рухається більш повільно в порівнянні з внутрішніми шарами. Зерно, завантажене зверху в шахту, рухається в ній самопливом, заповнює весь простір між коробами, під нижніми відкритими сторонами коробів воно обсипається під кутом природного укосу. Короби розташовують в шаховому порядку, що сприяє кращому перемішуванню зерна, яке в процесі сушки поступово випускають з шахти через спеціальний шиберний пристрій. Внизу кожної шахти встановлюють випускний пристрій, за допомогою якого створюють підпір зерна і регулюють тривалість перебування його в шахті.

Функціональна схема одношахтної сушарки зображена на рис. 2.25. Під час сушіння зернопродукти з живильного бункера 1 самопливом рухаються зверху вниз шахтою, складеною з двох секцій 2, 3. У коробі 6 подається газоповітряна суміш, яка рівномірно розподіляється в шарі зерна навколо кожного короба. В результаті теплообміну, зернопродукти нагріваються і втрачають вологу, попадають в охолоджуючу камеру 4, де охолоджуються атмосферним повітрям. Відпрацьований сушительний агент відводиться відвідними коробами 7. Передбачено одноступінчасте і двоступінчасте сушіння. При двоступінчастому сушінні у секцію 2 сушильної шахти (перша ступінь) подають суміш повітря і димових газів невисокої температури, а в нижню секцію 3, в якій досушують продукти, підводять сушительний агент підвищеної температури. При одноступінчастому сушінні в обидві секції сушильної шахти підводять сушительний агент однакової температури. Для поліпшення роботи шахтних сушарок застосовують рециркуляційні способи сушіння і комбіновані з попереднім підігріванням зерна. Найпоширеніші зерносушарки

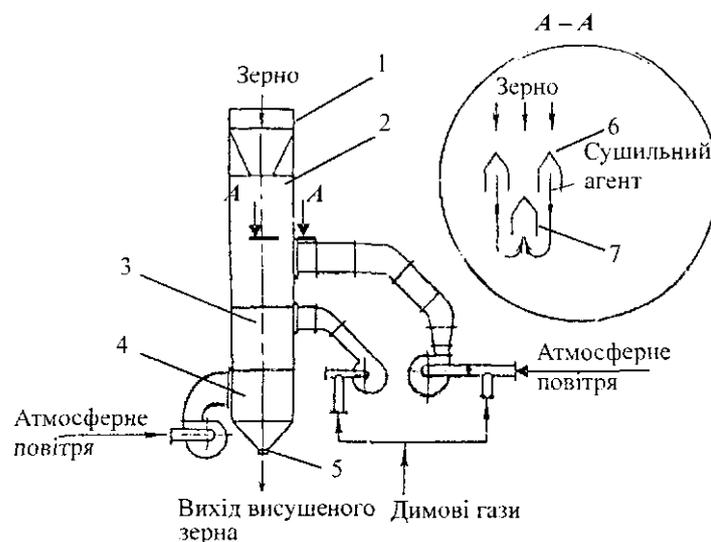


Рис. 2.25. Схема сушарки шахтного типу:

- 1 – прийомний бункер; 2, 3 – сушильні камери; 4 – охолоджуюча камера;  
5 – випускний пристрій; 6 – підвідний короб; 7 – відвідний короб

СЗШ-8 і СЗШ-16, які відрізняються тільки продуктивністю. Сушарка СЗШ-16 (рис. 2.26) має дві шахти розташовані на загальній станині на відстані 1 м одна від одної. В залежності від початкової вологості і призначення партії зерна, шахти включаються в роботу послідовно або паралельно. Кожна шахта складається з двох секцій, у яких встановлені чотиригранні короби. Агент сушіння попадає з топки в простір між шахтами, який служить дифузором.

Охолодження зерна відбувається в охолоджувальних колонках. При паралельній роботі шахт зерно одночасно завантажується в обидві шахти, а при послідовній – в одну. При послідовній роботі підсушене зерно в одній шахті надходить в охолоджувальну колонку, а з неї в іншу шахту для повторного сушіння.

Сушарка має топку металеві конструкції. Камера згорання екранована, в неї вмонтовано фотодатчики, що забезпечують контроль за процесом горіння. Конструкція випускного апарата забезпечує

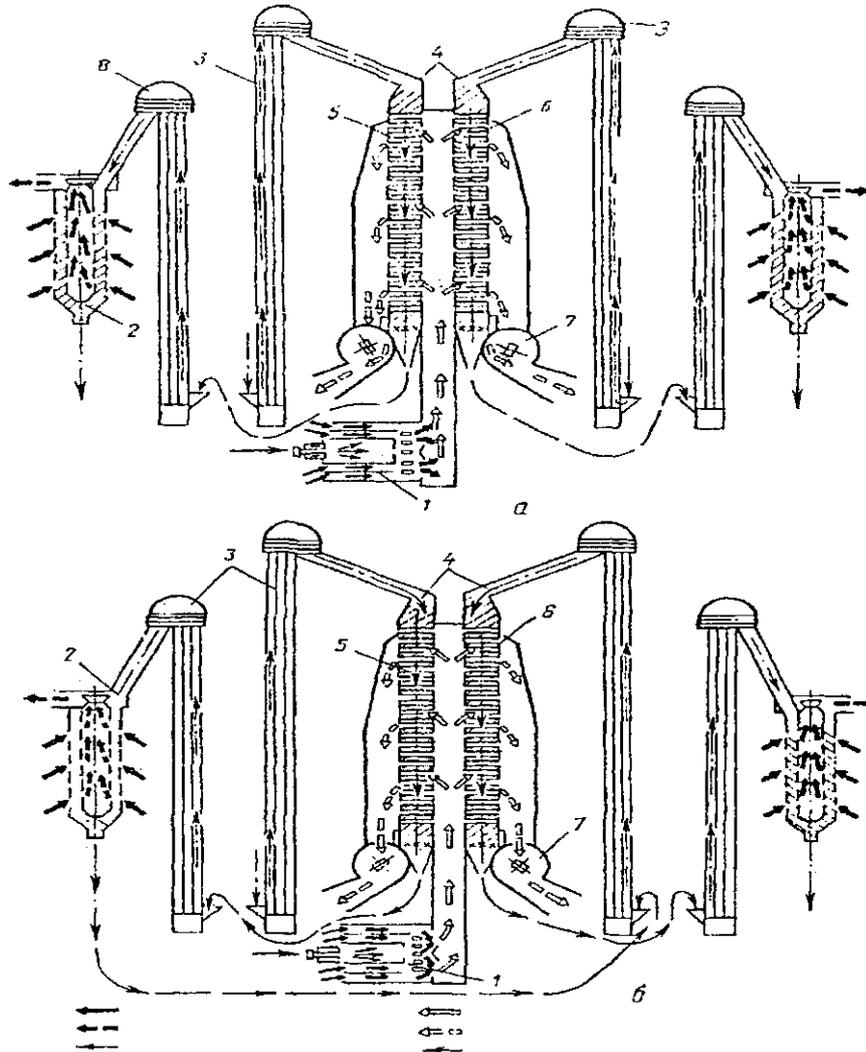


Рис. 2.26. Технологічна схема шахтної сушарки СЗШ-16:  
 а) паралельна робота шахт; б) послідовна робота шахт; 1 -- топка;  
 2 – охолоджувальна колонка; 3, 8 – порії; 4 – живильний бункер;  
 5, 6 - шахта; 7 – вентилятори

безперервний випуск зерна малими і періодично великими порціями. Для контролю за рівнем зерна в шахті встановлені сигналізатори. Під час роботи шахти сушарки весь час мусять бути завантажені зерном, підсмоктування зовнішнього повітря в них не допускається. Якщо рівень насипу зерна в шахті буде нижче припустимого, то вмикається двигун впускного пристрою і на пульті загоряється сигнальна лампочка. Випуск зерна відбувається безупинно. На початку роботи з сушарки виходить недосушене зерно, тому воно вдруге подається в шахти для сушіння.

Сушарка шахтного типу **T-662** “Петкус” (Німеччина) продуктивністю до 2 т/год. застосовується в насінеочисних потокових лініях фірми “Петкус”. Агентом сушіння в ній є атмосферне повітря, що нагрівається в топці-калорифері. Шахта складається із сушильної й охолоджувальної камер.

Пересувна агрегатна зерносушарка **ЗСПЖ-8** (рис. 2.27) безперервної дії, шахтного типу, призначена для сушіння пшениці, жита, вівса й інших зернових культур продовольчого призначення. Зерносушарка складається з топки і блока шахт для сушіння. Вона змонтована на шасі автомобільного причепа **МАЗ-5243Б**. Сушать зерно сумішшю повітря з топочними газами.

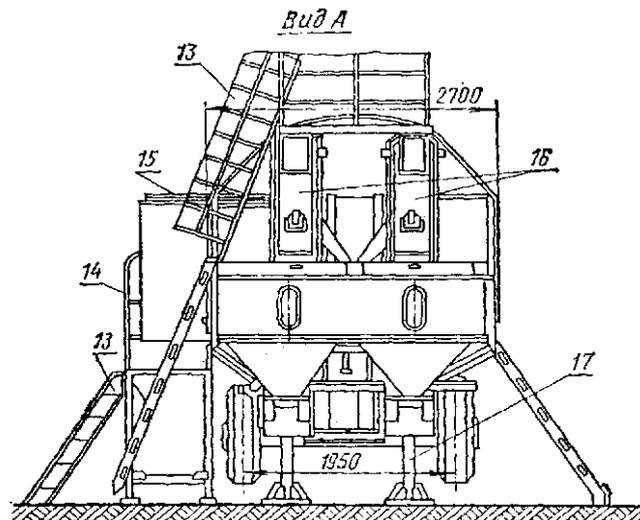
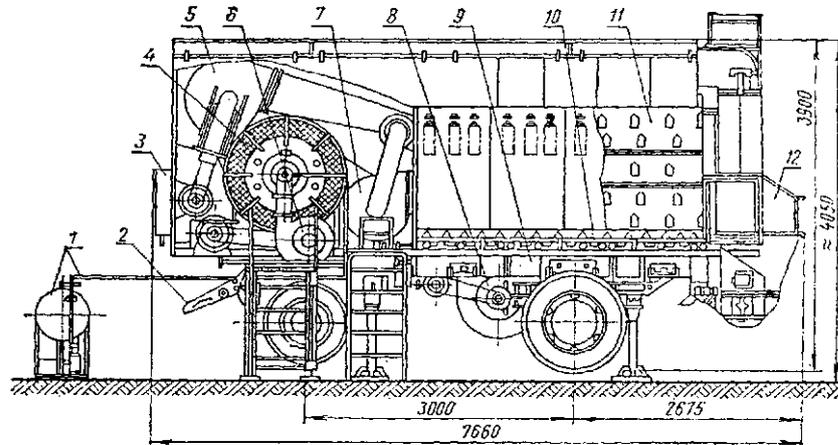
Топка розташована в передній частині машини, складається з корпусу, форсунки, вентиляторів першої та другої зон сушіння, вентилятора зони охолодження, паливної системи, насоса високого тиску, електророзпалювача.

Сушильний блок агрегату складається з двох шахт із повітророзподільчим пристроєм, двох ківшових транспортерів, двох випускних механізмів, трьох гвинтових транспортерів і бункера сирого зерна.

Технічна характеристика найбільш розповсюджених шахтних зерносушарок приведена у таблиці 2.9.

ВАТ “БРИГ” випускає гаму одно- (рис. 2.28) і двошахтних (рис. 2.29) сушарок типу **ЗШ** (табл. 2.10) для сушіння різних зернових культур і круп.

Зерносушарка **ЗШ-5000** (рис. 2.29) призначена для сушіння зернових культур. Складається з двох шахт I, зв’язаних між собою коробом 2, всередину якого через отвір “а” подається нагріте повітря. Контроль



**Рис. 2.27. Зерносушарка ЗСПЖ-8:**

1 – паливна система; 2 – причіп; 3 – електрошафа; 4 – топка; 5 – вентилятор першої зони сушіння; 6 – вентилятор високого тиску; 7 – вентилятор другої зони сушіння; 8 – вентилятор зони охолодження; 9 – гвинтовий конвектор; 10 – випускний механізм; 11 – шахта; 12 – прийомний бункер; 13 – сходи; 14 – поміст; 15 – навіс; 16 – транспортери; 17 – опорна стійка

Таблиця 2.9

**Технічна характеристика найбільш розповсюджених шахтних сушарок**

Показник	Марка сушарки				
	СЗШ-16	СЗШ-8	СЗС-8	Т-662	ЗСПШ-8 (пересувна)
Продуктивність, т	16	8	8	2	8
Вид палива	дизельне пальне				
Витрата палива, кг/год.	до 150	до 96	100	15	65,0
Встановлена потужність, кВт	78,9	44,3	43,6	8,5	36,6
Маса сушарки, т	12,5	9,2	9,7	3,1	10,6
Габарити, мм:					
довжина	10500	9850	9930	6400	7660
ширина	11100	8200	9350	2130	2700
висота	12500	9935	9250	4170	3900

Таблиця 2.10

**Технічна характеристика шахтних зерносушарок ЗШ**

Показник	ЗШ-1000	ЗШ-5000	ЗШ-400
Продуктивність, т/год.	1000	5000	150
Зниження вологості за один прохід, %	4	4...5	4
Температура повітря на вході в сушарку, °С	85...90	80...140	85...90
Вологість сировини, %	18	18	18
Встановлена потужність, кВт	19,0	6,6	21,0
Габарити, мм:			
довжина	2400	2120	1500
ширина	4300	4212	800
висота	7250	6011	3970
Маса сушарки, т	2,54	4,20	7,60

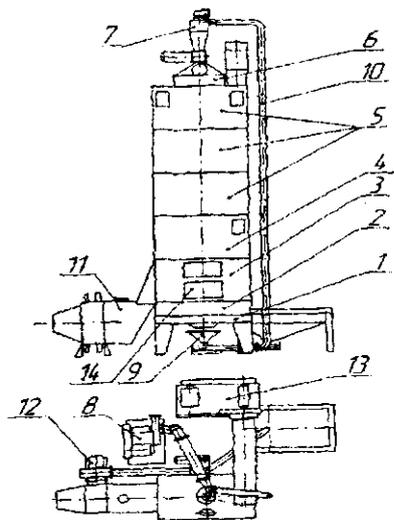


Рис. 2.28. Зерносушарка шахтна ЗШ-1000:

1 – основа; 2 – механізм вивантаження;  
3 – охолоджувальна секція; 4 –  
рециркуляційна секція; 5 – нагрівальні  
секції; 6 – завантажувальний бункер;  
7 – вузол завантаження; 8 – вентилятор  
пневмотранспорту; 9 – бункер-  
ежектор; 10 – трубопроводи; 11 – блок  
нагрівальний; 12 – вентилятор  
рециркуляційний; 13 – вентилятор  
забору нагрітого повітря; 14 – пульт  
управління

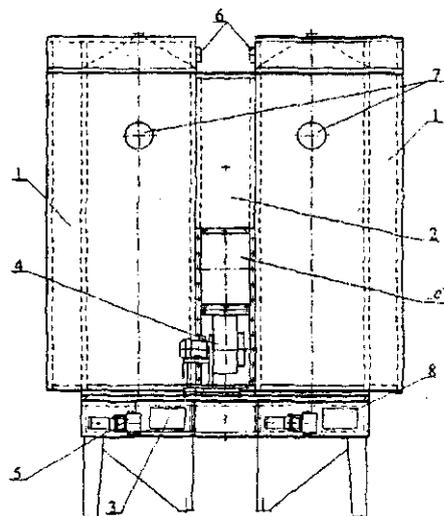


Рис. 2.29. Зерносушарка ЗШ-5000:

1 – шахта; 2 – короб; 3, 8 – пульт;  
4 – вентилятор;  
5 – вивантажувальний механізм;  
6 – пристрій для гасіння іскор;  
7 – датчики рівня зерна

температури гарячого повітря проводиться за допомогою манометрового термометра, встановленого на панелі сигналізації 3, де також встановлені сигнальна лампа і дзвінок.

Вентилятором 4 в нижню ізольовану частину короба 2 подається холодне повітря, яке охолоджує зерно перед вивантаженням. Сухе зерно вивантажують механізмами 5.

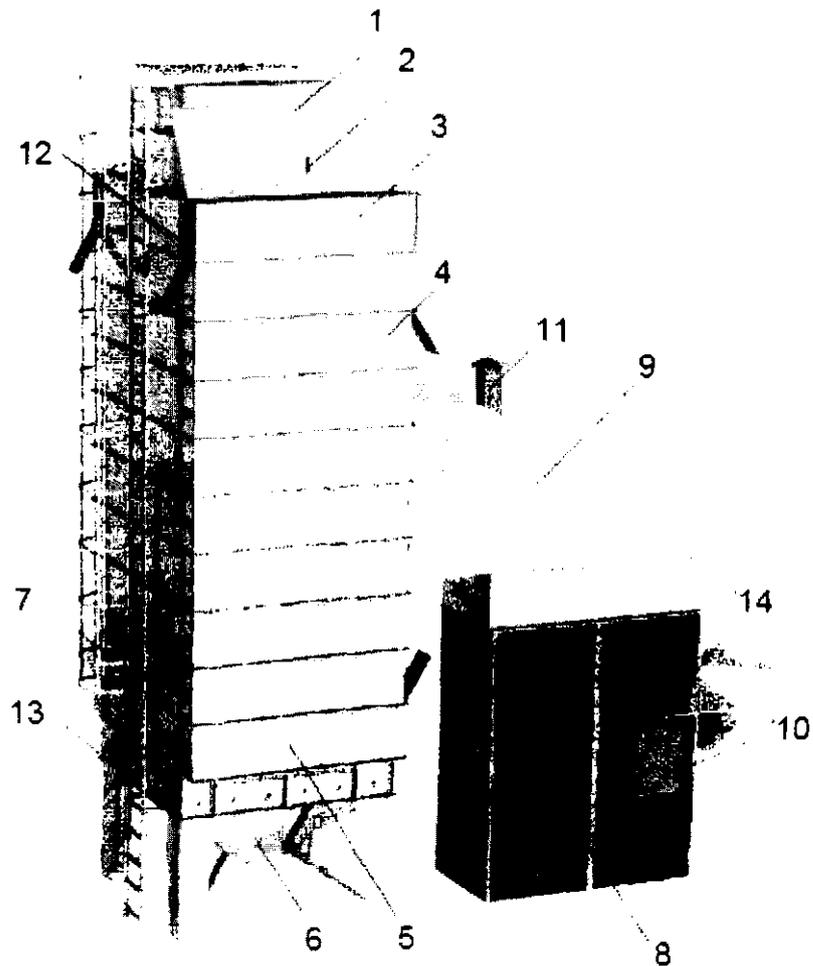
Сушарка оснащена пристроєм для гасіння іскор 6, а також датчиками рівня зерна 7. Управління процесом сушіння здійснюється з пульта 8. Завантаження зерна в сушарку може здійснюватися норіями або пневмотранспортом.

ТОВ “ТехноПол” проводить поставку, монтаж і сервісне обслуговування шахтних зерносушарок польського виробництва типу **S3** (рис. 2.30), конструкція яких аналогічна описаним вище. Технічна характеристика сушарок **S3** представлена в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

**Технічна характеристика сушарок S3 (Польща)**

Показник	S13	S21	S22	S23	S24	S25
Місткість шахти ,т	2,8	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0
Повна теплова потужність, кВт	78	150	207	242	322	460
Показники роботи при сушінні насіння соняшника вологістю від 13 до 7 %						
- продуктивність, т/добу	17	34	43	52	64	81
- повний цикл сушіння, год.	3,9	3,5	4,1	4,7	4,7	4,4
- кількість циклів за добу	6,2	6,9	5,8	5,2	5,2	5,4
Показники роботи при сушінні пшениці вологістю від 19 % до 15 %						
- продуктивність, т/добу	24	46	57	67	82	101
- повний цикл сушіння, год.	2,8	3,6	4,0	4,3	4,2	4,0
- кількість циклів за добу	8,6	6,6	6,0	5,6	5,7	5,9
Показники роботи при сушінні кукурудзи вологістю від 30 % до 15 %						
- продуктивність, т/добу	7	13	17	20	26	35
- повний цикл сушіння, год.	9,7	13,1	13,8	14,2	13,2	11,6
- кількість циклів за добу	2,5	1,8	1,7	1,7	1,8	2,1
Встановлена потужність електроспоживачів, кВт	2,4	2,6	4,4	6,0	5,9	8,1
Розміри, м:						
довжина	2,7	4,3	4,7	4,7	6,0	6,0
ширина	1,3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
висота	5,1	3,2	4,1	5,0	5,9	6,8



*Рис. 2.30. Сушарка S3:*

1 – дах; 2 – датчики наповнення; 3 – засипна секція; 4 – сушильні секції; 5 – охолоджуючі секції; 6 – вивантажувальна секція; 7 – охолоджуючий вентилятор; 8 – теплогенератор з пальником; 9 – повітровід; 10 – управляюча шафа теплогенератора; 11 – димохід; 12 – регулювання кількості повітря; 13 – механічне регулювання продуктивності сушарки; 14 – електронне регулювання продуктивності сушарки

**Барабанні сушарки.** Сушіння в цих сушарках відбувається в барабанах при пересипанні зерна в них під час обертання і підведенні теплоносія в барабан. Найпоширеніша сушарка зернова пересувна барабанна СЗПБ – 2 продуктивністю 2 т на годину. В теперішній час створені стаціонарні барабанні сушарки продуктивністю до 8 т на годину. Сушарки придатні для сушіння зерна підвищеної засміченості. Технічна характеристика барабанних сушарок приведена у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

**Технічна характеристика барабанних сушарок**

Показники	Марка сушарки			
	СЗСБ-8	ЗСПЖ-8 (пересувна)	СЗСБ-4	СЗСБ-2 (пересувна)
Продуктивність, т/год.	8	8	4	2
Нерівномірність сушіння, %	±1	±1	±1	±1
Нерівномірність нагріву зерна, °С	±2	±2	±2	±2
Вид палива	дизельне пальне			дрова, торф, вугілля
Витрата умовного палива, кг/ч	65	до 70	до 35	до 35
Встановлена потужність, кВт	30,4	37,8	19,9	9,5
Габарити, мм:				
довжина	10500	8660	9615	8450
ширина	11000	2700	7120	8450
висота	6320	3900	7000	4675
Маса сушарки, т	10	10	5,55	4,3

Основні вузли сушарки **СЗСБ-8** (рис. 2.31, 2.32) такі: топка, завантажувальна камера, сушильний барабан, вентилятор, розвантажувальна камера, елеватор і охолоджувальна колонка з вентилятором. Сушильний барабан має довжину 8 м, обертається зі швидкістю 0,8 рад/с. Поперітну барабан розділено на шість секторів, у кожному з яких укріплені полицьки, що захоплюють зерно при обертанні. Рівномірне введення зерна в барабан забезпечується завантажувальною камерою.

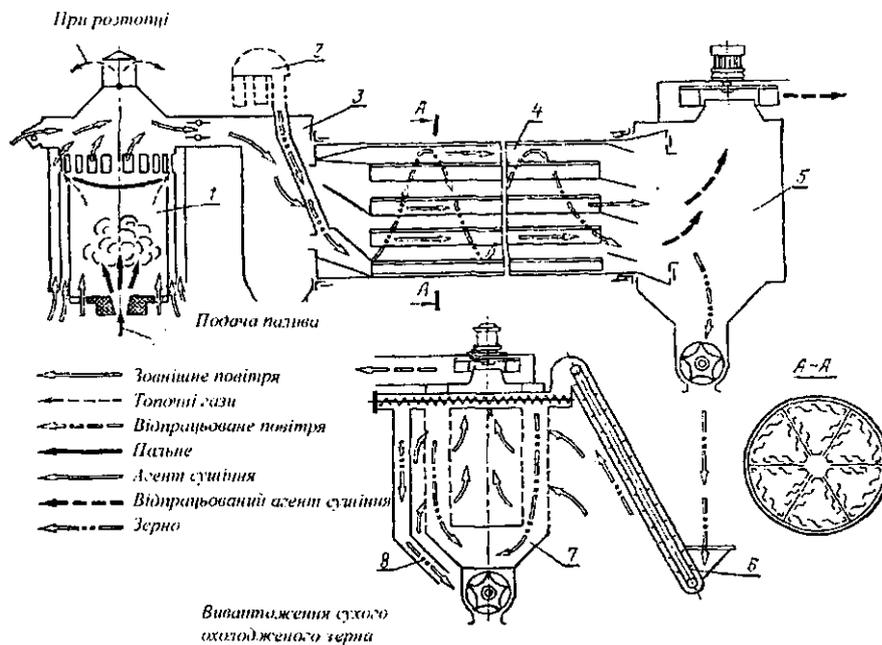


Рис. 2.31. Технологічна схема зерносушарки СЗСБ-8:

- 1 – топка; 2 – завантажувальна норія; 3 – завантажувальна камера;  
 4 – барабан; 5 – розвантажувальна камера; 6 – розвантажувальна норія;  
 7 – охолоджувальна колонка; 8 – труба контрольного вивантаження

Переміщення зерна вздовж барабана відбувається під час пересипання його під дією полицок і потоку агента сушіння. З розвантажувальної камери зерно направляється в шлюзовий затвір, звідкіля подається в охолоджувальну колонку.

Тривалість контакту зерна з агентом сушіння в барабанних сушарках менший, ніж у шахтних, тому температура нагрівання агента сушіння в них більш висока (90...130 °С – для насіння, 180 °С і вище – для продовольчого і фуражного зерна), що збільшує небезпеку перегріву зерна в барабані. Недоліком барабанних сушарок є нераціональна закономірність зміни температури теплового поля по довжині барабана від максимальної на вході до мінімальної на виході. Спосіб переміщення

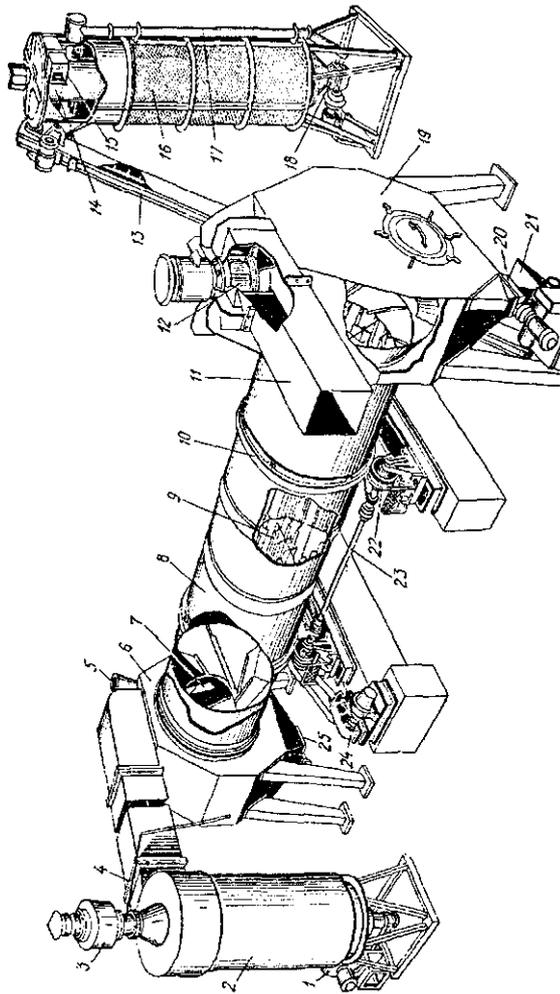


Рис. 2.32. Загальний вид зерносушарки СЗСБ-8:

1 – вентилятор; 2 – топка; 3 – труба багністи; 4 – труба гарячого повітря; 5 – вікно завантажувальце; 6 – камера завантажувальна; 7 – живильний пагрубок; 8 – барабан сушильний; 9 – хрестовина з лопатами для нерелопачування зерна; 10 – бандаж; 11 – труба для відведення повітря; 12 – вентилятор розвантажувальної камери; 13 – елеватор розвантажувальний; 14 – вентилятор охолоджувальної колонки; 15 – труба виведення повітря з охолоджувальної колонки; 16 – колонка охолоджувальна; 17 – труба контрольного виведення; 18 – шлюзовий затвір охолоджувальної колонки; 19 – камера розвантажувальна; 20 – шлюзовий затвір розвантажувальної камери; 21 – приймальний кіш розвантажувального елеватора; 22 – приводний ролик барабана; 23 – вал роликів; 24 – редуктор механізму приводу роликів; 25 – клапан

зерна в барабанах (захоплення полками і пересипання) цих сушарок не дозволяє використовувати їх для сушіння насіння бобових, рису і кукурудзи, оскільки відбувається їхнє розтріскування.

**Камерні сушарки.** Це стаціонарні найпростіші за конструкцією сушарки (рис. 2.33). Їх монтують під дахом з подвійною підлогою: верхня підлога – повітроділяючі ґрати, а нижня – суцільна асфальтова. В простір між підлогами подають сушильний агент. Просвіти між підлогами роблять на різній відстані для рівномірного напору агента сушіння у всіх ділянках. Оптимальний розмір робочої поверхні камери 40–60 м<sup>2</sup>, що дозволяє одночасно завантажувати 20–30 т зерна шаром 0,5–0,6 м, максимум 0,7–0,8 м. Для поточкового сушіння (при надходженні 20–30 т за добу) рекомендується влаштувати дві двокамерні сушарки, що дозволяє вести одночасно сушіння в двох камерах (по одній в кожній сушарці). При цьому одна камера знаходиться під завантаженням і одна – під розвантаженням. Оптимальний розмір сушильних камер 50 м<sup>2</sup>, вони розділені перегородкою висотою по борту 1 м.

**Сушарки для сушіння зернопродуктів в псевдокиплячому стані.** В шахтних, барабаних, камерних сушарках та в бункерах з активним вентиляванням не вдається забезпечити однакові умови сушіння в робочому просторі сушарок, так як щільність і аеродинамічний опір шарів доволі високі і неоднакові в робочій зоні. Це призводить до нерівномірного розподілу вологості у висушеній партії продукту, перевитрат енергії, небажаних змін якості особливо насіння олійних культур, що негативно позначається під час зберігання і переробки.

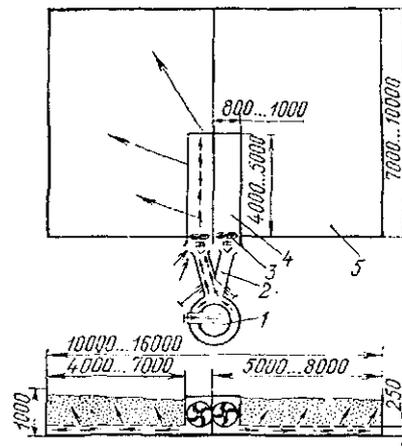


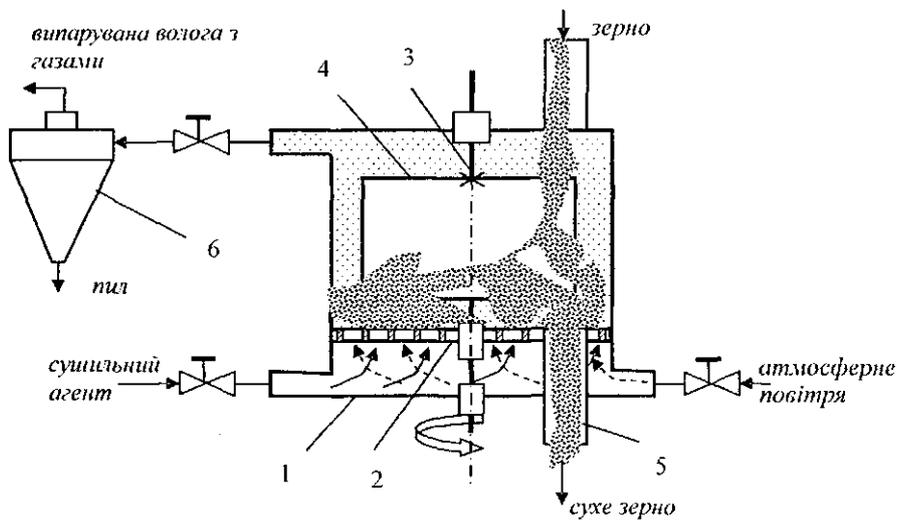
Рис. 2.33. Двокамерна сушарка з активним вентиляванням:

- 1 – теплогенератор ТГ-75 або ТГ-150;
- 2 – патрубок-трійник із засліпками;
- 3 – осьовий вентилятор 0,6–320 № 8 або № 10;
- 4 – воздуховід;
- 5 – сушильна камера

Створення в сушарках під час роботи розрідженого (псевдокиплячого) режиму руху продукту, інтенсифікує процес конвективного сушіння за рахунок значного збільшення активної поверхні і зменшення аеродинамічного опору шарів, при цьому зменшуються питомі витрати енергії. Тому технологія сушіння продуктів в псевдокиплячому шарі є перспективною.

Для сушіння зернопродуктів в псевдокиплячому шарі застосовують ротатійні (рис. 2.34) і вібраційні аеросушарки (рис. 2.35).

**Ротатійна сушарка.** Складається з декількох однотипних секцій (рис. 2.34), які приводяться від одного вала. У верхніх (одна – дві) секціях проходить процес сушіння, а нижня використовується для охолодження висушеного продукту. Секція відділяється від іншої секції днищем корпусу 1, в якому є тільки отвір для випускного патрубку 5.



**Рис. 2.34. Функціональна схема секції ротатійної сушарки для сушіння зернових продуктів у псевдокиплячому шарі:**

- 1 – корпус; 2 – перфороване дно; 3 – вал мішалки; 4 – лопать;  
5 – випускний патрубок; 6 – циклон

Робочий простір секції знаходиться у верхній порожнині корпусу вище перфорованого дна 2. Перфороване дно має отвори діаметром 2,5 мм і отвір з випускним патрубком 5. На приводному вертикальному валу 3 секції закріплені радіальні лопаті 4.

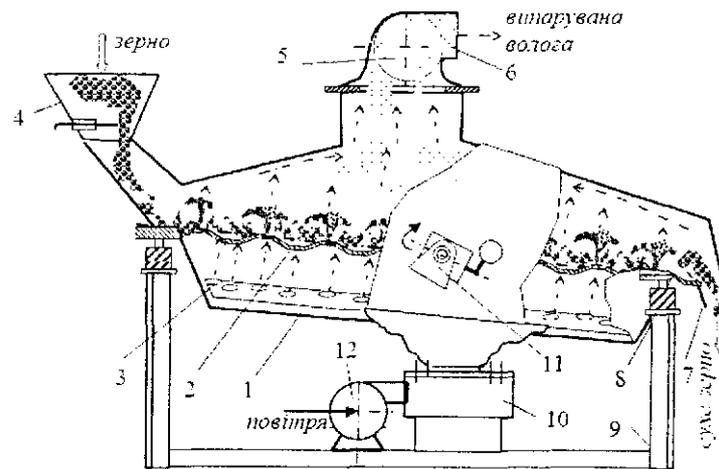
Продукт завантажується в робочий простір секції безперервно шаром заввишки 450 мм, перемішується і поволі пересується по перфорованому днищу до місця вивантаження. Під перфороване днище подається сушильний агент з температурою 150...180 °С зі швидкістю дещо більшою за швидкість витання продукту, що забезпечує стан “кипіння” в робочому просторі секції над перфорованим дном. Над випускним отвором перфорованого дна швидкість теплового агента сповільнена, тому продукт провалюється у вивантажувальний патрубок і поступає в секцію, розміщену нижче. Відпрацьований сушильний агент і повітря відводяться в циклон 6 для очищення, після чого віддаляються в атмосферу.

**Пневмовібраційна сушарка АВС-1** (рис. 2.35). Сушарка призначена для сушіння зерна різних зернових культур методом конвективної сушки. Підготовка агента сушки проводиться в парових або електрокалориферах. Для подачі агента сушки використовуються два вентилятори середнього тиску. Сушіння проводиться в псевдозрідженому шарі, створюваному за рахунок вібрації ситової поверхні і потоку повітря.

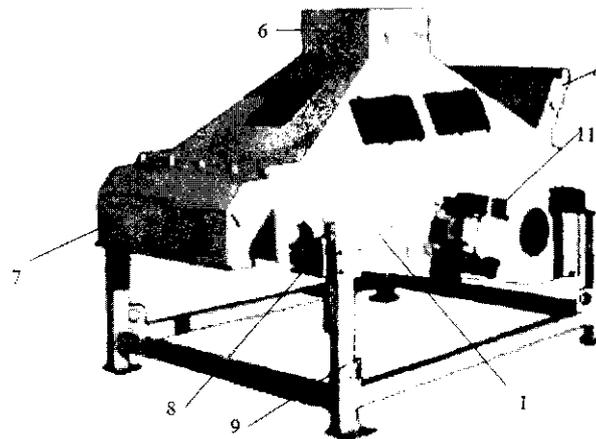
Таблиця 2.13

**Технічна характеристика сушарки АВС-1**

Продуктивність, кг/год.	600...1000
Витрати повітря, м <sup>3</sup> /год.	4000...6000
Встановлена потужність, кВт	0,74
Габаритні розміри, мм:	
– довжина	1400
– ширина	1400
– висота	750



а



б

Рис. 2.35. Камерна аеровібраційна сушарка АВС-1:

а – функціональна схема; б – загальний вигляд;

- 1 – корпус; 2 – перфорована дека; 3 – колектор; 4 – живильник;  
 5 – дросельний клапан; 6 – патрубок для відведення випарованої вологи;  
 7 – випускний патрубок; 8 – амортизатор; 9 – рама; 10 – калорифер;  
 11 – інерційний вібратор; 12 – вентилятор

### Запитання для самоперевірки

1. Які засоби механізації застосовують на пунктах післязбиральної обробки і складах зернових продуктів?
2. Назвіть основні типи пневмотранспортних установок для транспортування зернових продуктів.
3. Назвіть основні переваги пневмотранспортних систем в технологічних процесах зберігання і перероблення зерна.
4. Охарактеризуйте основні вузли пневмотранспортних установок.
5. За якими критеріями вибирають швидкість руху повітря в матеріалопроводах пневмотранспортних систем при транспортуванні зерна?
6. За якими ознаками класифікують зерносховища?
7. За якими ознаками класифікують сушарки зернових продуктів?
8. Опишіть будову і принцип дії шахтних сушарок.
9. Опишіть будову і принцип дії барабанної колективної сушарки.
10. Опишіть будову і принцип дії схеми ротаційної сушарки для сушіння в псевдокиплячому шарі.

### 3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПІДГОТОВЧИХ ОПЕРАЦІЙ

#### 3.1. Машини для очищення зернової маси від домішок і сортування зерна

Загальна класифікація зерноочисних і сортувальних машин. Свіже зібране зерно (зерновий ворох) надходить на приймальні та переробні підприємства із домішками – зерном не основної культури, частинками соломи і колосків, половиною, насінням бур'янів, 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, самозгрівання, 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 шуплого, 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 с/г 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 такі:

- 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. 3.1)

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 насінневого 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, бурякові гірки, 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-



Рис. 3.1. Класифікація сепараторів зерна

решітними сепараторами. Їх найчастіше компонують і вигляді блоків з декількома трієрними циліндрами, що працюють послідовно.

*Повітро-решітно-трієрні* машини застосовують для повторного очищення насінневого 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*.

**Основні вимоги до процесу сепарування.** Основними показниками, що визначають якість очищення та сортування, є чистота зерна (посівного матеріалу), питома маса, вирівняність зерна за розмірами, схожість тощо. Рациональні 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 сміттевої домішки не повинен перевищувати 2 %, шкідливої домішки – не більше 0,2 %, в тому числі вміст головної 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 інканум (сивої) не допускається; вміст зернової домішки – не більше 5 % в пшениці і 4 % в житі, в тому числі порослих 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.

Сортова чистота насіннєвого матеріалу зернових культур I й II класу має становити 98...99 %, схожість – 90...95 % (для твердої пшениці II класу – не менше 8 %), кількість обрешеного насіння – 0,5...1 %.

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

**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. 1.5). Повітроочисні машини застосовують для очищення зернової маси від полови, пилу й інших домішок на токах післязбиральної обробки, в лініях вальцьових млинів, для відділення лузги з продуктів лушчення насіння соняшнику в олійному виробництві і плівчастих культур (проса, гречки, вівса ін.) на круп'яних заводах, а також для контролю крупни 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, РЗ-БАБ, РЗ-БСД та ін.

*Пневмоколонка (повітряний канал)* – коробчатий канал з прищеними в середині скатними полицями (рис. 3.2, а) або без них (рис. 3.2, 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. 3.2, а) регулюють заслінкою 3, щоб від зерна відокремлювались всі тільки легкі домішки і спрямовувались у вивідний патрубок 4, а в похилому каналі (рис. 3.2, 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 вгору 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

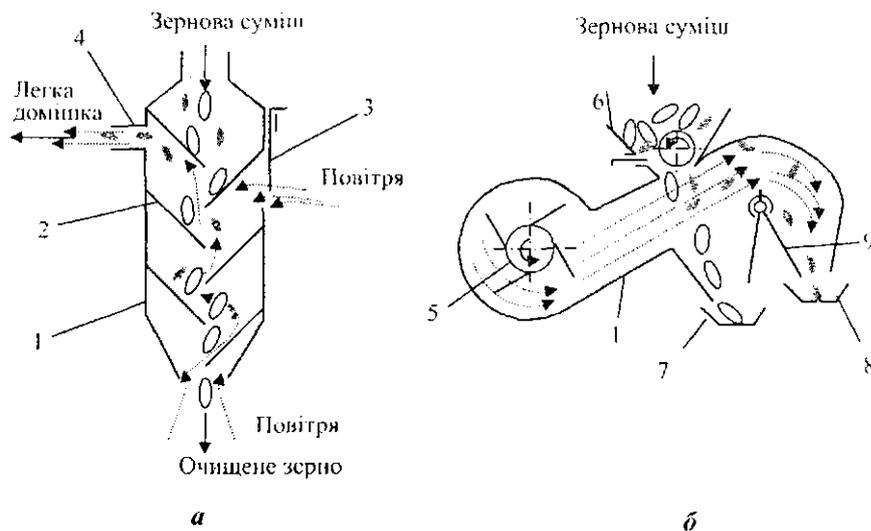


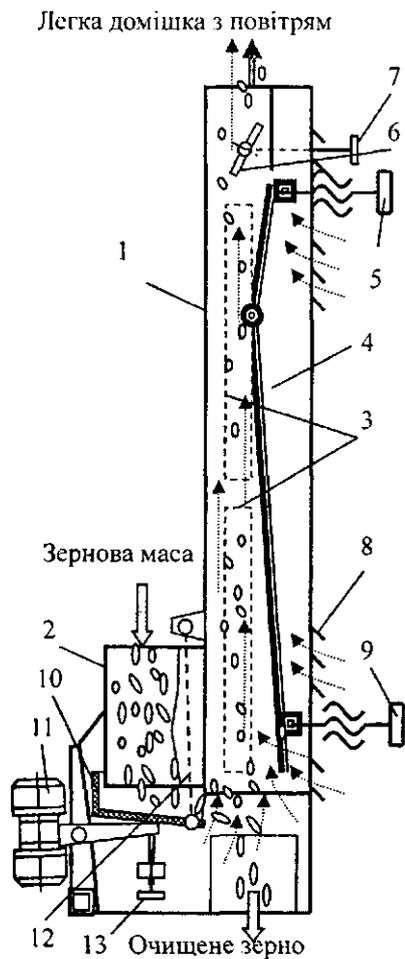
Рис. 3.2. Схеми простих аспіраційних каналів:

- 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

кута нахилу від 0 до 90° зростають витрати енергії на поділ зерна, тому вертикальні канали при всіх інших рівних умовах є більш енергомисливими 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 РЗ-БАБ** (рис. 3.3) 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. 3.3. Сепаратор РЗ-БАБ:**  
 1 – корпус; 2 – приймальна камера;  
 3 – оглядове вікно; 4 – стінка;  
 5, 7, 9 – штурвал; 6 – дросельна  
 заслінка; 8 – жалюзі;  
 10 – віброток; 11 – вібратор;  
 12 – підвіски; 13 – обмежувач

В боковинах корпусу по висоті є оглядові вікна 3. Задня стінка має жалюзі 8 для надходження повітря. Усередині корпусу встановлено рухома стінка 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. Обгумований віброток 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. Віброток приводиться в коливальний рух інерційним вібратором 11. Змінюючи положення вантажів вібратора відносно осі обертання, збільшу-

ють або зменшують амплітуду його коливань в межах 1,5...2,5 мм. Для обмеження амплітуди коливань вібралотка служить гвинтовий обмежувач ходу 13, на який спирається вібралоток.

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

Технологічний процес в повітряному сепараторі здійснюється так. Зернова суміш поступає в приймальну камеру 2, потім на вібралоток 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 РЗ-БАБ від інших є наявність вібралотка, 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 РЗ-БАБ наведена в таблиці 3.1.

*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.

Вібралоток повинен вільно рухатись (від руки), а його амплітуда не повинна перевищувати 3 мм. Неприпустимо торкання вібралотка

Таблиця 3.1

## Технічна характеристика сепаратора РЗ-БАБ

Показник	Величина
Продуктивність, т/год. (очищення зерна)	10,5
Ефективність очищення зерна, %	65...75
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год.	4800
Частота коливань вібрлотка, рад/с	24
Встановлена потужність, кВт:	
вібратора	0,12
світильника	0,04
Розміри пневмосепарувального каналу, мм	1005x180x1450
Габаритні розміри, мм:	1130x950x1450
Маса, кг	350

стінок приймальної камери. Рациональна відстань між приймальною камерою і гумовою пластиною вібрлотка – 3...4 мм. Вібрлоток 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 дібитись необхідної ефективності очищення, проводять регулювання дросельної заслінки і рухомої стінки. Причиною переповнювання зерном приймальної камери може бути недостатня величина щілини між вібрлотком і стінкою камери або недостатня амплітуда коливань вібрлотка, 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-ВВЗ** (рис. 3.4) 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 розвіювача 7 рівномірно розподіляється по всій довжині живильної щілини патрубку 6. З патрубку вона надходить на скатні дошки 4 робочої

камери. Пересилаючись 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.

**Повітряний сепаратор РЗ-БСД** призначений для відбору зернової суміші із матеріалопровода пневмотранспортної системи з наступним очищенням її за аеродинамічними властивостями від щуплих і битих зерен, оболонки, часточок соломи, пилу тощо. Сепаратор РЗ-БСД (рис. 3.5) складається з приймальної камери 1 і пневмосепарувальної системи.

У центральній частині приймальної камери встановлений відбивач 2 і лійка 3.

Пневмосепарувальна система складається із корпусу 4, в якому розміщені розподільчий конус 5, напірний 8 і всмоктувальний 6 канали, камери осідання 7, вивантажувальний патрубок важких відносів 9 і очищеного зерна 11. Для регулювання параметрів повітряного потоку пневмосепарувальної системи в каналі 6 встановлено дросельну заслінку 10.

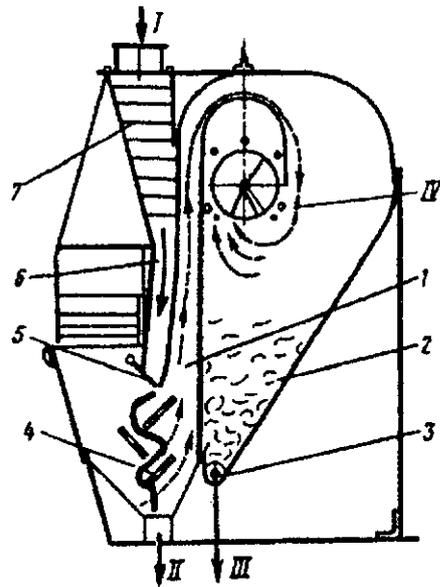


Рис. 3.4. Схема повітряного сепаратора А1-БВЗ-10:

- 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

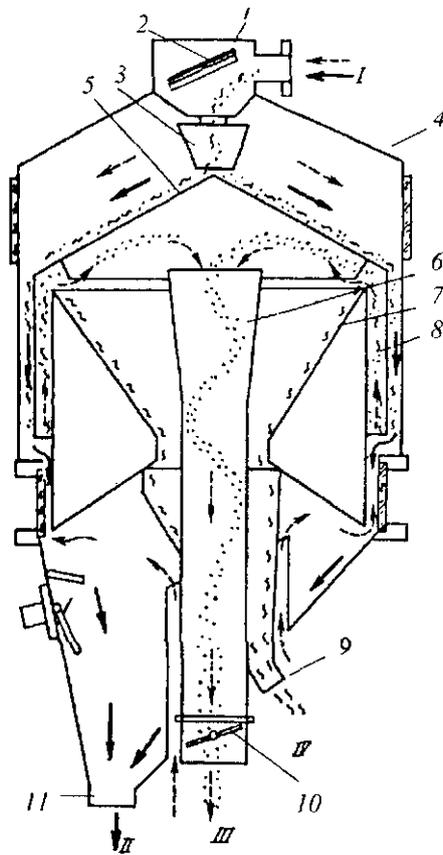


Рис. 3.5. Функціональна схема сепаратора РЗ-БСД:

- 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 матеріалопровода 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<sup>3</sup>/хв., маса складає 335 кг.

Таблиця 3.2

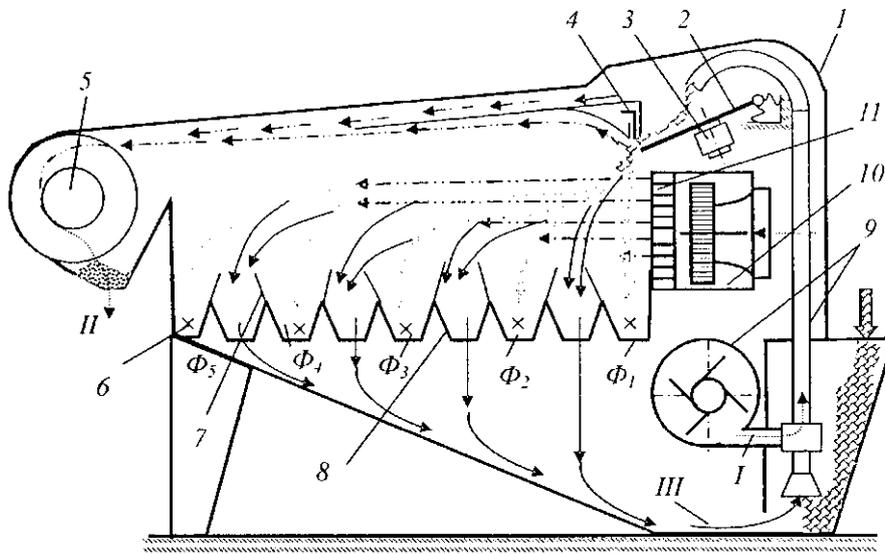
## Технічна характеристика сепаратора РЗ-БСД

Показник	Величина
Продуктивність, т/год. (очищення зерна) до	7,0
Ефективність очищення зерна, %	50...60
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год.	3250
Частота коливань вібрлотка, рад/с	24
Встановлена потужність, кВт:	
вібратора	0,12
світильника	0,04
Розміри пневмосепарувального каналу, мм	2800x60x400
Габаритні розміри, мм:	1174x1174x2182
Маса, кг	335

*Сепаратор аеродинамічний САД-10* (рис. 3.6) 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 вібрлотка 2 і заслінки 4. Лоток приводиться в коливний рух вібратором 3. Під вібрлотком 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  $\Phi_1$ . Між лотками фракцій розміщені щілини із скатними дошками 8 для виведення з робочої зони проміжних фракцій продукту. Між лотками 6 і щілинами 8 встановлено поворотні шторки 7 для регулювання виходу фракцій продукту.

Сепарування зерна відбувається так. Пневмотранспортом 9 зернова маса з приймального бункера подається на вібрлоток 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 пито-



**Рис. 3.6. Технологічна схема аеродинамічного сепаратора “САД-10”:**  
 1 – корпус; 2 – вібротолок; 3 – вібратор; 4 – засліпка; 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;  $\Phi_i$  – вихідні фракції

ною масою і аеродинамічним опором зернівки рухаються по балістичних траєкторіях з різною дальністю польоту і попадають у відповідні вихідні 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, сходять 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...16 м/с) у каналі. Вона залежить від величини відкриття вхідного вікна кожуха вентилятора.

В сучасних млинах і крупорушках с.-г. призначення застосовують пневмосепаратори малої продуктивності **СП-1**, **Р6-СВ** (рис. 3.7, табл. 3.3), принципи роботи яких аналогічні з роботою розглянутих сепараторів **А1-БВЗ**, **СП-5**.

*Технологічні розрахунки.* Ефективність роботи повітряних сепараторів оцінюють сукупністю показників, основними з яких є продуктивність і технологічна ефективність виконуваної операції.

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

$$Q = G/t, \quad (3.1)$$

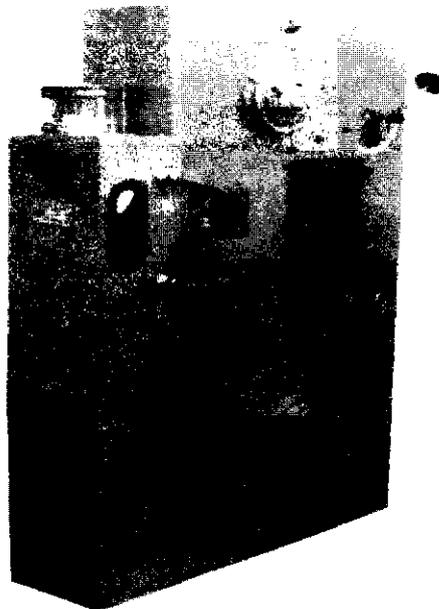


Рис. 3.7. Загальний вид пневмосепаратора Р6-СВ

де:  $Q$  – маса зерна, що поступає в машину, т;  $\tau$  – тривалість роботи, год.

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

$$E = 100 \cdot (D_1 - D_2) / D_1, \quad (3.2)$$

де:  $D_1, D_2$  – вміст домішок в зерновій суміші до і після сепарування відповідно.

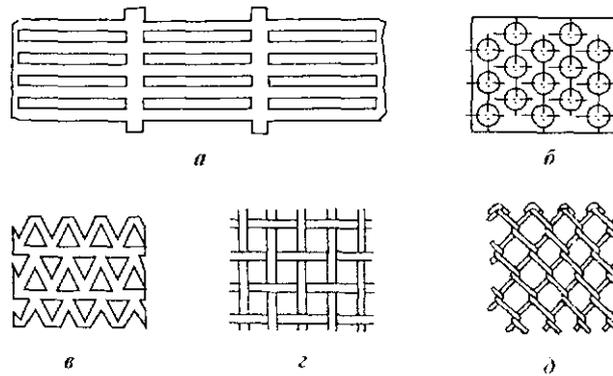
Таблиця 3.3

**Технічна характеристика пневмосепараторів марок СП і Р6**

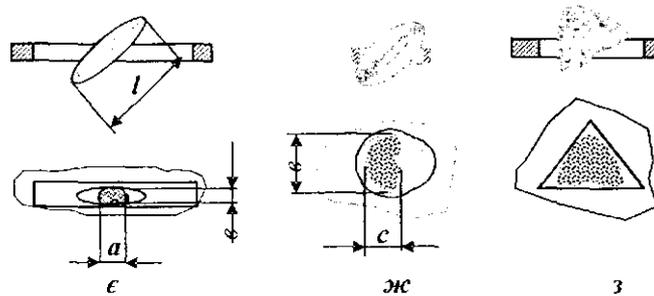
Показник	Марка сепаратора				
	СП-1.000	СП-1.000-01	Р6-СВ-6-00	Р6-СВ-6-01	Р6-СВ-6-02
Продуктивність, т/год.	3	6	6	3	1,5
Ефективність очищення зерна, %	60	60	60	60	60
Вегановлена потужність, кВт	1,1	1,1	1,5	1,1	0,75
Габаритні розміри, мм:					
довжина	1141	1141	1000	1000	1000
ширина	713	1013	1430	830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

**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. 3.8, а-в). Використовують також сита плетені із тонкого дроту і ткани (рис. 3.8, г, д).

Форма отворів плетених сит – квадратна або прямокутна, причому має бути забезпечена точність розміру отворів і їх незмінність в процесі роботи. Промисловість випускає плетені сита згідно зі стандартом.



**Рис. 3.8. Форми сит та схеми просіювання:**  
 а – з продовгуватими отворами; б – круглими; в – трикутними;  
 г, д – плетені і ткані сита



**Рис. 3.9. Схема просіювання зерна за товщиною і шириною на ситах:**  
 е – з прямокутними, ж – круглими і з – трикутними отворами;  $l$  – довжина,  
 $a$  – ширина і  $c$  – товщина зернівки

Стандартний ряд металевих плетених сит має отвори, в яких розмір сторони вічка кожного наступного сита перевищує розмір вічка попереднього в 1,122 разів. Це відношення називають *модулем сита*. Полотна ситові ПО ТУ 5.897 – 111722 – 95 мають такі характеристики:

- матеріал полотен – сталь холоднокатана, габаритні розміри 710 × 1420 мм;
- розміри отворів і товщина полотен:

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:  $1,2 \times 20$ ;  $1,4 \times 20$ ;  $1,5 \times 20$ ;  $1,7 \times 20$ ;  
 $1,8 \times 20$ ;  $2,0 \times 20$ ;  $2,2 \times 20$ ;  $2,4 \times 20$ ;  $2,5 \times 20$ ;  $2,8 \times 20$ ;  $3,0 \times 20$ ;  
 $3,2 \times 20$ ;  $3,5 \times 20$ ;  $4,0 \times 20$ ;  $4,5 \times 20$ ;  $5,0 \times 20$ ;

– товщина полотен: 0,70...1,00 мм.

Будь-яка зернівка має довжину  $l$ , ширину  $a$ , і товщину  $c$ , які для кожної культури значно відрізняються 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  $c$  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 довгими зерен. 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  $a$  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 дослідження, 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. 3.9, з). В такій спосіб можна також відокремити від пшениці татарську гречку, щавель від тимофіївки тощо.

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

$$k_c = (S_o / S) \cdot 100 \%, \quad (3.3)$$

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

Живий переріз штапованих 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. 3.10). Вони складаються з горизонтального або похилого сита 1 з боргами,

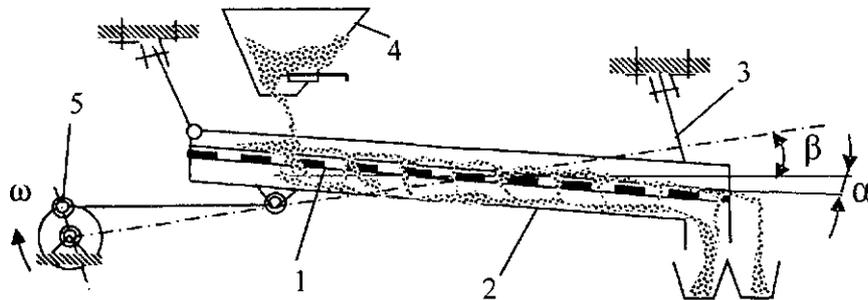


Рис. 3.10. Схема коливного грохота:

1 – сито; 2 – ситовий корпус; 3 – пружні підвіски; 4 – живильник; 5 – ексцентриковий механізм;  $\omega$  – кутова швидкість ексцентрика;  $\alpha$  – кут нахилу площини сита до горизонту;  $\beta$  – кут напрямку коливань сита

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 нижній короб з якого виводиться назовні, а сходова – в лоток, з якого відводиться транспортним механізмом на подальшу обробку.

Розділення зернової суміші коливними ситами уможливується при виникненні відносного руху зерна на ситі. З цієї умови виведено формулу для визначення кутової швидкості  $\omega$ , рад/с, кривошипа коливного механізму сепаратора

$$\omega > \omega_k = \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg}(\varphi \mp \alpha)}{r}}, \quad (3.4)$$

де:  $\omega_k$  – критична кутова швидкість кривошипа;  $g = 9,8$  – прискорення вільного падіння,  $m/c^2$ ;  $r$  – радіус кривошипа,  $m$ ;  $\varphi = 37 \dots 42$  – кут гертя зерна по ситі, град;  $\alpha = 3 \dots 14$  – кут нахилу сита, град.

Знак “–” у формулі (3.4) беруть при переміщенні зерна вниз, “+” – при переміщенні нагору.

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

$$K_p = \omega^2 r / g \quad (3.5)$$

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 встановлюють на основі дослідно-конструкторських розробок. Так, у зерноочисних машинах і агрегатах частота коливань сит змінюється в межах  $\omega = 36 \dots 50$  рад/с. Якщо врахувати, що амплітуда коливань становить 3...10 мм, то діапазон зміни максимального прискорення сит – 9...25 м/с<sup>2</sup>, а показник кінематичного режиму –  $K_p = 0,40 \dots 2,54$ .

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

$$\omega_{\min} = \sqrt{\frac{g}{r} K_{p \min}}; \quad (3.6)$$

$$\omega_{\max} = \sqrt{\frac{g}{r} K_{p \max}}. \quad (3.7)$$

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

$$K_{p \min} = \operatorname{tg}(\alpha - \varphi), \quad K_{p \max} = \operatorname{tg}(\alpha + \varphi). \quad (3.8)$$

Залежно від значень  $K_p$  можливий різний характер відносного руху зернівки (ізолюваного одиничного зерна) по ситі без відриву. При  $K_p \leq K_{p \min}$  зерно перебуватиме у відносному спокої; 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 луценням, оснащені чотирма – шістьма ситами з різними розмірами отворів.

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

$$b = \frac{Q}{q_B}, \quad (3.9)$$

а довжину  $l$ , м, – за формулою:

$$l = \frac{q_B}{q_F} = \frac{Q}{q_F B}, \quad (3.10)$$

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  $q_B = 2000 \dots 3000$  кг/(год·м);  $q_F$  – питома продуктивність, віднесена до одиниці площі сита, кг/(год·м<sup>2</sup>).

Питому продуктивність  $q_F$  визначають за такими формулами:  
– для сортувальних і підсівних сит

$$q_F = k \cdot \frac{-10^4 \lg \varepsilon}{3,45 + 0,0745 \beta}; \quad (3.11)$$

– для колосових сит з круглими отворами діаметром  $d > 6$  мм

$$q_F = 600 (d - 4,5), \quad (3.12)$$

де:  $k$  – відносна продуктивність, тобто відношення питомої продуктивності сепаратора при очищенні різних культур до питомої продуктивності сепаратора при очищенні пшениці (табл. 3.4);  $\varepsilon$  – повнота розділення (для підготовчих відділень млинів і крупорушок  $\varepsilon = 0,7 \dots 0,8$ );  $\beta = 15^\circ$  – кут напрямку коливань сита (див. рис. 3.10).

Таблиця 3.4

**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
Горox	0,80

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

$$N = 2 \cdot 10^{-3} k \omega^3 r^2 (m_B + m_3) / \pi, \quad (3.13)$$

де:  $k = 1,1 \dots 1,3$  – коефіцієнт, який враховує втрати на подолання сил тертя в шарнірах підвіски ситового корпусу;  $\omega$  – кутова швидкість кривошипа, рад/с;  $r$  – радіус кривошипа, м;  $m_B$  – маса ситового корпусу, кг;  $m_3$  – маса шару зерна на ситах

$$m_3 = Sh\rho, \quad (3.14)$$

де:  $S$  – площа сит,  $m^2$ ;  $h$  – висота шару зерна, м;  $\rho$  – 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. 3.11). Циліндричні барабани встановлюють у кожусі 4 під кутом  $4 \dots 7^\circ$  до горизонту, а конічні – горизонтально. Зернову суміш у барабан подають шнеком-живильником 1.

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

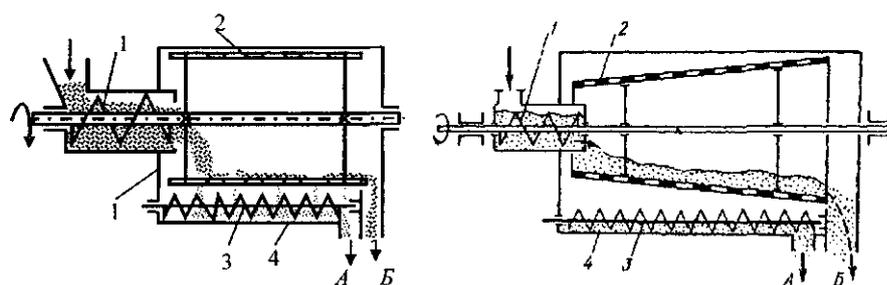


Рис. 3.11. Барабанні ситові сепаратори:

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

вони не повинні обертатися разом з барабаном. Критична частота обертання барабана, нижче від якої частки під дією сил тяжіння скочуються вниз, визначають за формулою:

$$\omega_k = \sqrt{\frac{2g}{D}}, \quad (3.15)$$

де:  $\omega_k$  – частота обертання циліндра, рад/с;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $D$  – діаметр барабана, м.

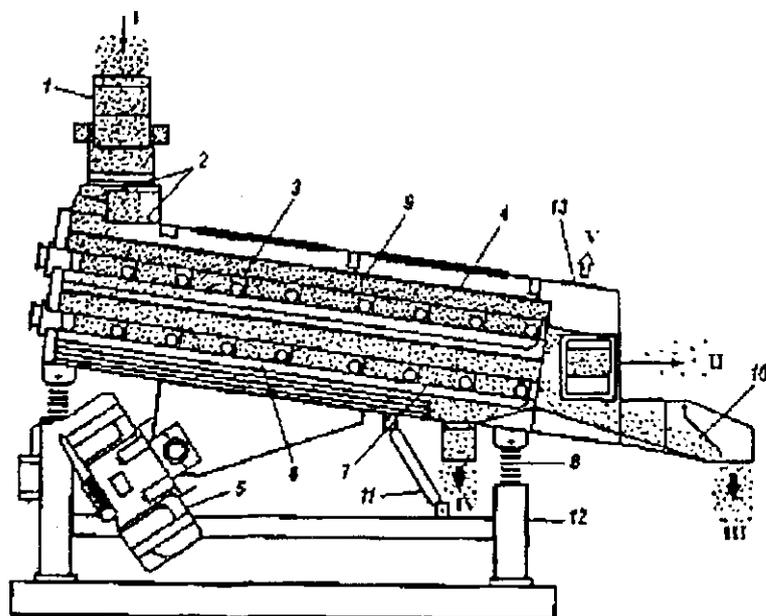
Щоб матеріал розподілити на кілька фракцій, сито барабана по довжині роблять з декількох секцій, отвори в яких збільшуються у напрямку руху зерна.

**Ситовий сепаратор фірми “Совокрим”** (рис. 3.12), складається із рами 12 і ситового корпусу 13, які з’єднані пружинами 8. Хитний рух ситовому корпусу задають два вібратори 5. У ситовому корпусі вмонтовано два яруси сортувальних 3, 4 і підсівних 6, 7 сит. 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 проходить 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 проходить через підсівне сито, пограпляє на днище сепаратора і виводяться з машини.

Очищення сит здійснюється гумовими кульками, які під час коливань грохота переміщуються 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 – 75 рад/с. Гумові накладки 9 забезпечують більш рівномірний розподіл зерна на ситових рамах і більш якісну сепарацію зерна.

**Віброситові сепаратори типу БСХ** (рис. 3.13) випускаються Хорольським механічним заводом. Принцип дії його аналогічний сепаратору “Совокрим”. Для рівномірного завантаження сит по ширині

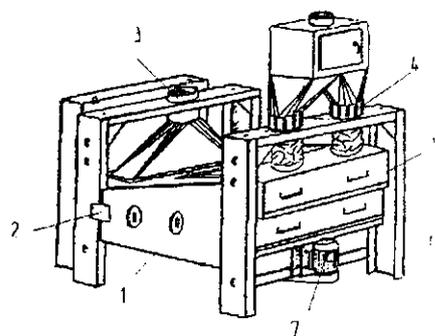


**Рис. 3.12. Схема вібриситового сепаратора "Совокрим":**

- 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

**Рис. 3.13. Вібриситовий сепаратор БСХ:**

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



зроблено два приймальні патрубки. Сепаратор може бути укомплектовано пневмосепаруючим каналом. Технічна характеристика сепараторів БСХ приведена в таблиці 3.5.

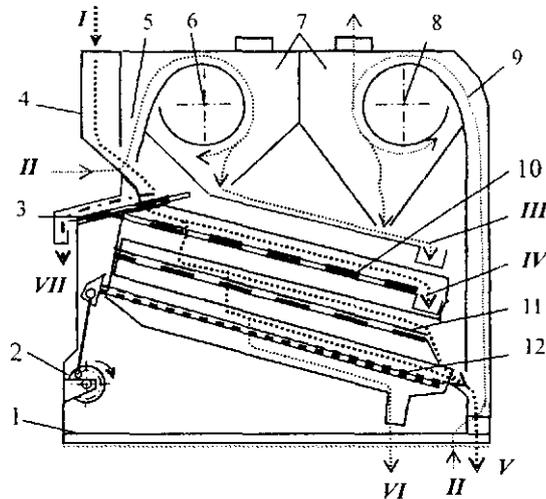
Таблиця 3.5

**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	1530	1900	2447
ширина	1055	1355	1355
висота	1440	2104	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 сепараторами 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 рисунку 3.14. Сепаратор розділяє зернову суміш на ситах за товщиною і шириною компонентів та за їхніми аеродинамічними властивостями. Розділення виконується послідовно. Спочатку



**Рис. 3.14. Схема повітряноситового сепаратора ЗСМ:**

I – 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

зерно очищається від легкої домішки (пилу, полови) повітрям в аспіраційному каналі 5 (рис. 3.14) 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. 3.6.

Сепаратори АІ-БИС (рис. 3.15) 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 – велика домішка, схід нижнього сита – зерно, а прохід – дрібна домішка.

Таблиця 3.6

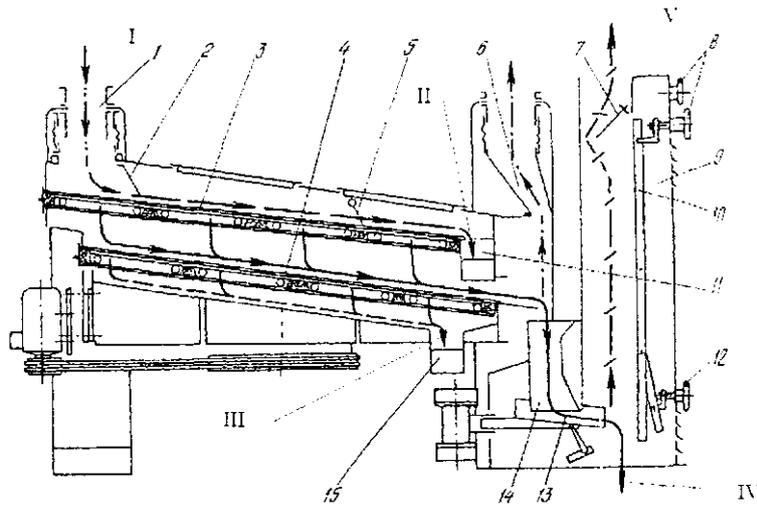
## Технічна характеристика повітряноситових сепараторів

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, м <sup>3</sup> /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

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 2 мм.

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. 3.16, табл. 3.6).

**Трієри** призначені для очищення продовольчого зерна і насінного 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. 3.17–3.19). Основним робочим органом трієра є барабан або диск з комірками (рис. 3.18). Всередині циліндричного трієра є жолоб 4 із шпеком 3. Циліндр може встановлюватись під невеликим кутом (1...3°) до горизонту. Комірки роблять певного розміру на внутрішній поверхні барабана і бокових поверхнях дисків. Під час обертання циліндра

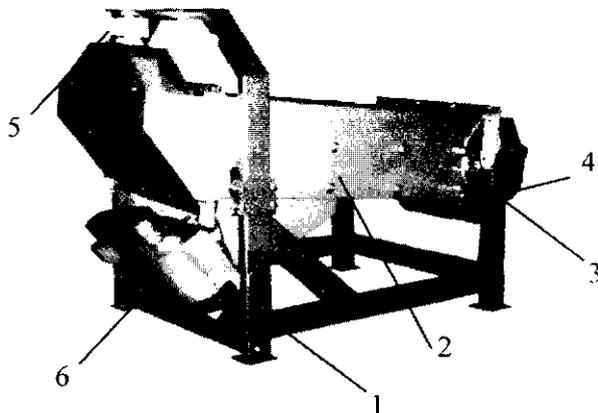


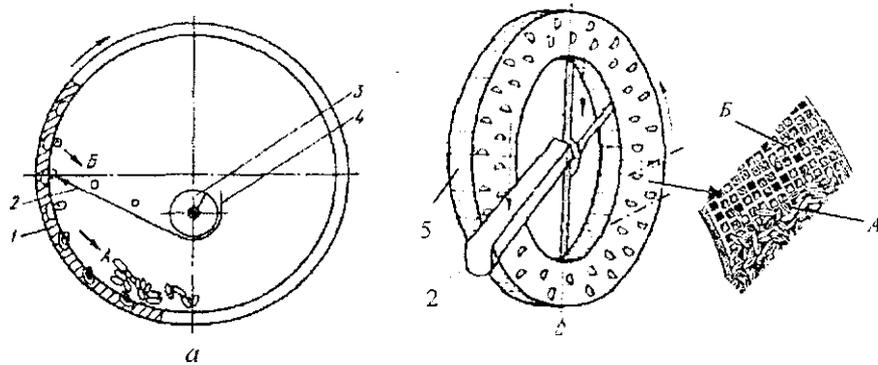
**Рис. 3.15. Схема сепаратора А1-БИС-100:**

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 – пневмосепаруючий канал; 10 – стінка рухлива; 11 – лоток великих  
 домішок; 13 – вібралоток; 14 – коробка живильна; 15 – лоток дрібних  
 домішок; I – вхідне зерно; II – велика домішка; III – дрібна домішка;  
 IV – очищене зерно; V – легка домішка

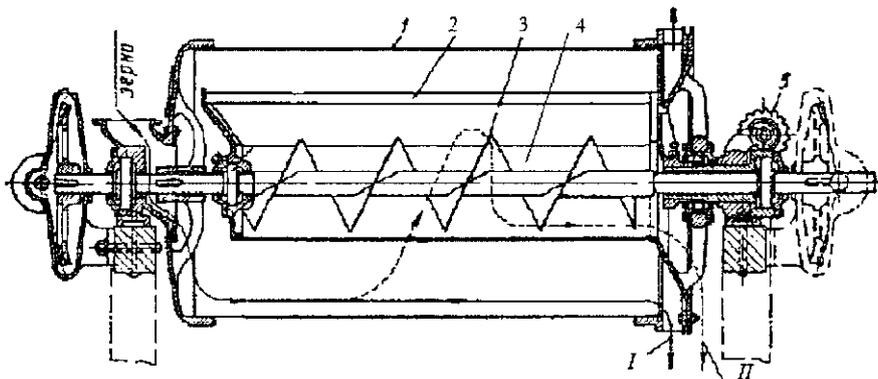
**Рис. 3.16. Загальний  
 вид сепаратора  
 Р6-СВС:**

1 – рама; 2 – ситовий  
 корпус; 3 – пружні  
 опори; 4, 5 – заванта-  
 жувальний і виванта-  
 жувальний патрубки  
 відповідно;  
 6 – вібратор





**Рис. 3.17. 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. 3.18. 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

(диска) комірки захоплюють тільки ті часточки, довжина яких менша діаметра комірок і піднімаються на відповідну висоту.

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 (3.15).

При перевищенні критичної частоти обертання довгі зернівки разом з короткою домішкою відцентровою силою сильніше притискуються до внутрішньої поверхні циліндра, вони перекидається 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  $\omega = (0,18 \dots 0,32)\omega_k$ , для швидкохідних  $\omega = (0,53 \dots 0,79)\omega_k$  – рад/с. Трієрні циліндри мають частоту обертання в межах 3,5–4,5 рад/с.

На підприємствах з переробки зерна застосовуються дисковий трієр кукільовідбірник ТДК (А9-УТК-6) і трієр вівсюговідбірник ТДК (А9-УТО-6), їх технічна характеристика наведена у таблиці 3.7. 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.

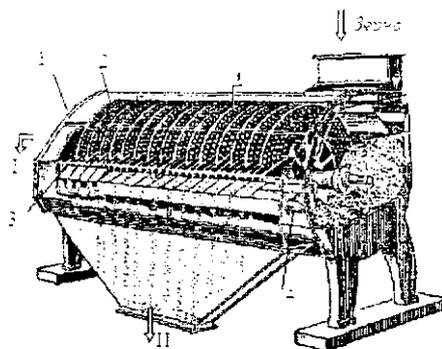


Рис. 3.19. Схема дискового трієра:

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

Таблиця 3.7

## Технічна характеристика дискових трієрів

Показник	ТДК (А9-УТК-6)	ТДК (А9-УТО-6)
Продуктивність, т/год.	6	6
Ефективність очищення, %	85...95	85...95
Кількість дисків, у тому числі:	22	16
– робочих	15	13
– контрольних	7	3
Розміри комірок дисків, мм	5x5x2,5	8x8x4
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /хв.	10	8
Частота обертання дискового ротора, об/хв.	50	55
Потужність двигуна, кВт	3,0	2,2
Габаритні розміри, мм	2425x1000x1500	2000x1000x1100
Маса, кг	1014	800

*Циліндричний трієр БТС* (рис. 3.20) призначений для очищення зерна від довгої домішки (вівсюга та іншого довгого насіння бур'янів). Робочий циліндр 3 діаметром 792 мм виготовлений із сталюого листа, на поверхні якого виштампувані комірки діаметром 8,5 мм. 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 3.8.

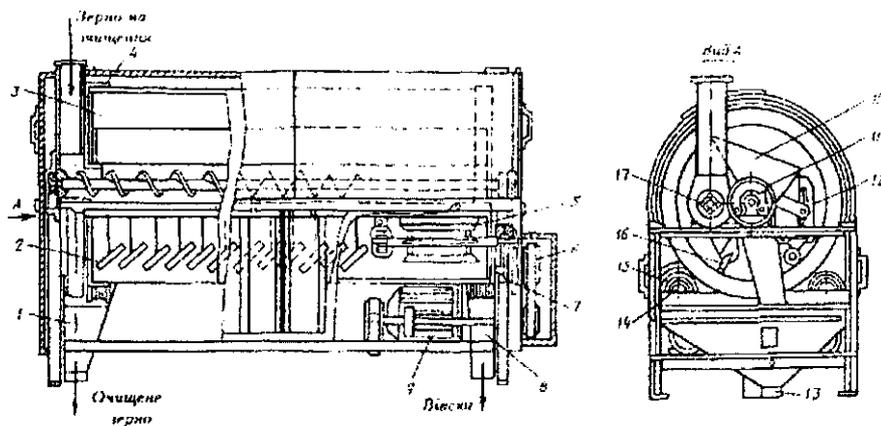


Рис. 3.20. Циліндричний трієр БТС:

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

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 таблиці 3.8.

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

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

$$Q = qS, \quad (3.16)$$

де:  $q$  – питоме навантаження на робочу поверхню: при очищенні пшениці від короткої домішки беруть питоме навантаження в межах  $q = 750 \dots 850$ , від довгої домішки –  $q = 550 \dots 650$ ; при очищенні вівса і гречки від коротких і довгих домішок –  $q = 650 \dots 750$ , при розділенні продуктів лущення вівса –  $q = 500 \dots 600$  кг/(м<sup>2</sup>·год.);  $S$  – площа робочої поверхні, м<sup>2</sup>.

Таблиця 3.8

## 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	2338	2327	3145	3600	2160
– ширина	1014	955	970	1000	800
– висота*	1374	1354	1670/900	2210	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.

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

$$Q = 6000\varepsilon\pi D z m l / \alpha, \quad (3.17)$$

де:  $\varepsilon$  – коефіцієнт використання робочої поверхні циліндра;  $D$  – діаметр циліндра, м;  $n$  – частота обертання циліндра, об/хв.;  $z$  – кількість комірок на 1 м<sup>2</sup> робочої поверхні циліндра;  $m$  – середня маса зерна, яке поміщається в одній комірці, кг;  $l$  – довжина циліндра, м;  $\alpha$  – вміст коротких зерен у висхідному матеріалі, %.

Продуктивність трієра по короткій фракції і довгій фракціях

$$Q_{ф.к} = \alpha Q / 100, \quad (3.18)$$

$$Q_{\phi, \delta} = Q (100 - \alpha) / 100 \quad (3.19)$$

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

$$l = 2,77 \cdot 10^{-6} Q \alpha / (z m \epsilon \nu), \quad (3.20)$$

де  $\nu$  – колова швидкість циліндра, м/с.

Розрахункова кутова частота обертання циліндра (рад/с):

– тихохідних трієрів

$$\omega = K_T \sqrt{2g/D}, \quad (3.21)$$

де  $K_T$  – показник кінематичного режиму трієра: приймають для тихохідних трієрів  $K_T = 0,18 \dots 0,32$  і  $K_T = 0,53 \dots 0,79$  – для швидкохідних.

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

$$N = 2 \cdot 10^{-4} Q / \eta_{\text{пр}}, \quad (3.22)$$

де  $Q$  – продуктивність трієра, кг/год.;  $\eta_{\text{пр}}$  – КПД приводу трієра.

Розміри барабана трієрів такі: діаметр – 500 і 600 мм, довжина – від 1500 до 2200 мм. Основні параметри робочих комірок трієрів наведені у таблиці 3.9.

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:

$$Q = 0,5 \pi q z_{\delta} (D^2 - d^2), \quad (3.23)$$

де:  $q$  – питоме навантаження на одну робочу поверхню диска, кг/(м<sup>2</sup>·год.);  $z_{\delta}$  – кількість дисків;  $D, d$  – зовнішній і внутрішній діаметр диска, м.

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

$$Q = 3000 \epsilon \pi (D^2 - d^2) n z_{\delta} m / \alpha. \quad (3.24)$$

Таблиця 3.9

**Розміри комірок трієрних циліндрів для очищення  
та сортування насіння різних культур**

Культура	Діаметр комірок (мм) трієрних циліндрів		Культура	Діаметр комірок (мм) трієрних циліндрів	
	кукіль- ного	вівсюж- ного		кукіль- ного	вівсюж- ного
Пшениця, жито	5,0	9,5	Льон	3,6	5,0
Ячмінь	6,3	11,2	Конюшина чер- вона	1,6	2,8
Овес	6,3	8,5	Тимофіївка, конюшина ро- жева та біла, люцерна	1,8	2,8
Вико- вівсяна суміш	5,0	8,5			
Гречка	6,3	8,5	Житняк, вівся- ниця, 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.

**Каменевідбірні машини.** Зернова маса, як правило, засмічена грудочками ґрунту, щебенем, галькою та іншими грудкуватими домішками мінерального походження. Такі домішки не можна відокремити від зерна в сепараторах і аспіраторах, якщо вони мають приблизно однакові із зерном розміри. Їх видаляють каменевідбірними машинами.

За принципом роботи та конструктивними параметрами каменевідбірні машини поділяють на три групи: вібропневматичні, вібраційні дискові та гідравлічні.

У *вібропневматичних* машинах використовується дія на зернову суміш висхідного повітряного потоку та змінних за значенням і напрямком сил тертя при коливаннях ситової поверхні вібростола.

В сукупності ці чинники зумовлюють розшарування (“самосортування”) зернової суміші за насипною щільністю. Зерно, яке має в два-три рази меншу насипну щільність, ніж мінеральні домішки, спливає вгору, набуває властивості “плинності”, сходить самопливом із робочої поверхні вібростола навіть тоді, коли кут нахилу її буде меншим від кута тертя зерна по столу. Мінеральна домішка концентрується на поверхні вібростола, коливальними рухами проштовхується по його поверхні вгору до вихідного рукава.

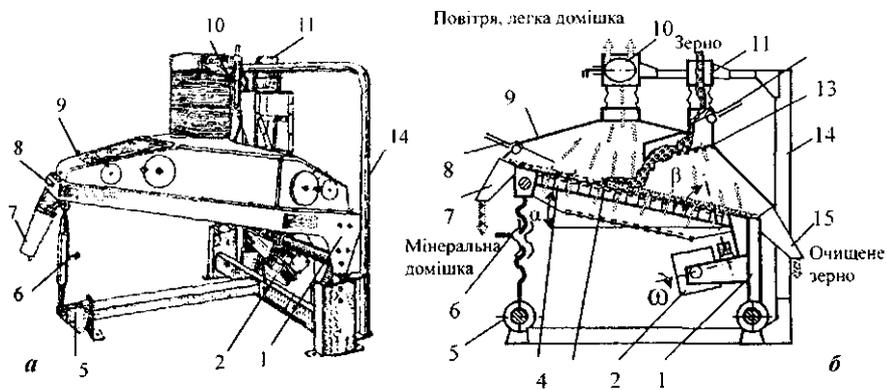
У *вібраційних дискових* машинах аеродинамічний чинник не використовують, тому процес самосортування зернової суміші відбувається менш інтенсивно, габаритні розміри і матеріаломісткість їх більші порівняно з вібропневматичними машинами однакової продуктивності.

У *гідролічних* машинах (зернові мийні машини) мінеральні домішки виділяються (осаджуються) у воді.

На сучасних млинах і крупорушках найпоширенішими є вібропневматичні каменевідбірні машини.

*Каменевідбірна машина РЗ-БКТ* (рис. 3.21) складається з таких головних вузлів: вібростола, приводу, приймального і випускних пристроїв, аспіраційного каналу із заслінкою і корпусу.

Вібростіл – рухома частина машини, здійснює поворотно-поступальні коливання під кутом  $\beta = 30...40^\circ$  до площини деки. Вібростіл встановлено під кутом  $\alpha = 5...10^\circ$  до горизонталі. Він складається з несучої зварної рами 1, в якій змонтована дека 4, і корпус 9 із прозорою кришкою з оргскла для візуального контролю робочого процесу. В кришці є отвори для з'єднання робочого простору машини з аспіраційним патрубком 10 і приймальною коробкою 11. Машина працює так. При надходженні зерна з приймальної коробки 11 на розвантажувальне сито 13 і сито вібростола 3 воно продувається висхідним повітряним потоком, який створюється пневмотранспортом. Мінеральні домішки, що мають більшу насипну щільність, ніж зерно, осідають на ситову поверхню вібростола і під дією спрямованих коливальних рухів посуваються вгору, виводяться через рукав 7. Зерно, що має меншу насипну щільність, ніж домішки, під впливом повітряного потоку спливає вгору, самосортується і рухається вниз по похилій поверхні сита до вихідного



**Рис. 3.21. Камневідбірна машина РЗ-БКТ:**

**а** – загальний вигляд; **б** – функціональна схема;

1 – рама вібростола; 2 – інерційний вібратор; 3 – сито № 1; 4 – дека;

5 – амортизатори; 6 – регулювальний пристрій; 7, 15 – рукава;

8, 12 – заслінки; 9 – кришка вібростола; 10 – клапан; 11 – прийомна коробка;

13 – розвантажувальне сито; 14 – основа

рукава 15. Легка домішка разом із повітрям виводиться пневмотранспортною системою через клапан 10.

Подачу зерна регулюють заслінкою 12 живильного пристрою, амплітуду і напрям коливань – переміщенням вантажів на валу і зміною положення осі вібратора відносно рами, кут нахилу деки змінюють гвинтовим механізмом 6, швидкість висхідного повітряного потоку – заслінкою 10 аспіраційного каналу. Всі механізми регулювання мають відповідні показники встановлених значень.

Камневідбірну машину РЗ-БКТ після монтажу і наладки ретельно регулюють, установлюють вібростіл в робоче положення під кутом  $7^\circ$  до горизонталі. Перевіряють затягування різьбових з'єднань. На холостому ходу не повинно бути невластивого шуму і вібрації. Амплітуду і напрям коливань перевіряють на холостому ходу за допомогою регулювальних дисків.

Камневідбірні машини РЗ-БКТ-100 виробництва ВАТ “Могилів-Подільський машинобудівний завод”, НО.6057, НО.1007.15 виробництва ЗАТ “Укрстанкінпром” мають аналогічну будову та принцип дії з

машиною РЗ-БКТ. Технічна характеристика камневідбірних машин приведена в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

**Технічна характеристика камневідбірних машин**

Показник	Марка			
	РЗ-БКТ	РЗ-БКТ-100	НО.6057	НО.1007.15
Продуктивність, т/год.	9,0	9,0	1,2...1,8	3,5
Ефективність очищення, %	98...99	98...99	98...99	98...99
Площа сита, м <sup>2</sup>	1,0	1,0	0,13	0,65
Кут нахилу деки, град	6...7	6...7	5...10	5...10
Частота коливань, Гц	16,0	16,0	16,0	16,0
Встановлена потужність, кВт	0,30	0,30	0,18	0,37
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год.	4800	4800	970	4800
Вакуум в корпусі, Па	750	750	–	–
Габаритні розміри, мм:				
– довжина	1700	1750	1200	1700
– ширина	1410	1420	700	1216
– висота	1960	1530	1575	1700
Маса, кг	500	275	155	250

Розміри сита вібростола розраховують за формулами (3.9) і (3.10) за дещо зменшених значень питомих навантажень, а саме:  $q_B = 800...1100$  кг/(год·м);  $q_F = 1200...1600$  кг/(год·м<sup>2</sup>). Кут нахилу вібростола беруть  $\alpha = 5...8^\circ$ , кут напрямку коливань –  $\beta = 30...40^\circ$ , амплітуду коливань – 2...3 мм. Кінематичний режим вібростола визначають згідно з п. 1.1.

Швидкість висхідного потоку повітря  $u$ , м/с, у напрямку, перпендикулярному до площини вібростола, залежить від швидкості витання зерна  $v$  (табл.1.1):

$$u = (0,8...1,1)v$$

Потужність  $N$ , кВт, для приведення в дію вібростола на гумових амортизаторах переважно витрачається на подолання сил внутрішнього

опору (дисипацію енергії) в амортизаторах. У першому наближенні можна прийняти закон коливного руху вібростола гармонічним, залежність внутрішньої сили опору від швидкості коливань – лінійною. За цих умов потужність  $N$ , кВт, розраховують за формулою:

$$N = k \cdot 10^{-3} \omega^2 r^2 z \psi (m_B + m_3), \quad (3.25)$$

де:  $k = 1,2 \dots 1,5$  – коефіцієнт, який враховує деформації кручення і згину амортизаторів;  $\omega$  – кутова швидкість ротора інерційного вібратора, рад/с;  $r = (2 \dots 5) \cdot 10^{-3}$  – амплітуда коливань, м;  $z = 3 \dots 4$  – кількість амортизаторів, шт.;  $\psi = (5 \dots 6)$  – коефіцієнт дисипації енергії в амортизаторах,  $\text{с}^{-1}$ ;  $m_B$  – маса вібростола, кг;  $m_3$  – маса шару зерна на ситі (3.14).

Розрахунок потужності для приводу вібростола з шарнірною підвіскою та ексцентриковим приводом виконують за формулою (3.13).

**Пневматичні сортувальні столи** призначені для очищення зернового матеріалу від насіння бур'янів, сортування насіння зернових та зернобобових культур та очищення від лузги і сортування крупів. Поділ зернових продуктів на столах відбувається за густиною, формою, величиною і властивостями поверхні часточок. Попередньо матеріал очищають повітроситовими машинами і трієрами.

**Пневматичний сортувальний стіл БПС** складається з основи 9 (рис. 3.22, а), повітряної камери 3, живильного пристрою 1, вібраційного столу 2 і приводу з варіатором 6. Вхідна суміш розділяється на деці вібраційного столу під дією повітряного потоку, створюваного п'ятьма вентиляторами 7 і коливальними рухами деки.

Вхідна суміш, що надходить на деку, цілком покриває її робочу поверхню, яку умовно поділяють на зону розшарування і зону розподілу. Зона розшарування утворюється на початку руху зернової суміші. Під дією повітряного потоку, що проходить через деку, та коливань деки зерно набуває “псевдокиплячого” стану, коли часточки з більшою густиною опускаються вниз на поверхню деки, а частинки з меншою густиною переміщуються вгору на поверхню шару насіння. У результаті розшарування важкі частинки взаємодіють з декою і силами тертя та інерції проштовхуються в напрямку коливань, піднімаючись по поверхні деки вгору. Легкі частинки менше піддаються

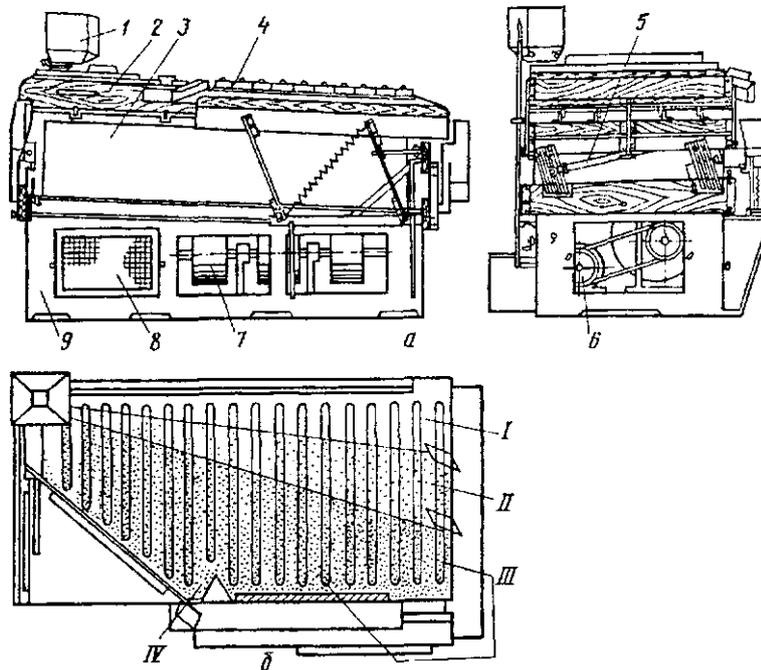


Рис. 3.22. Пневмосортувальний стіл БПС:

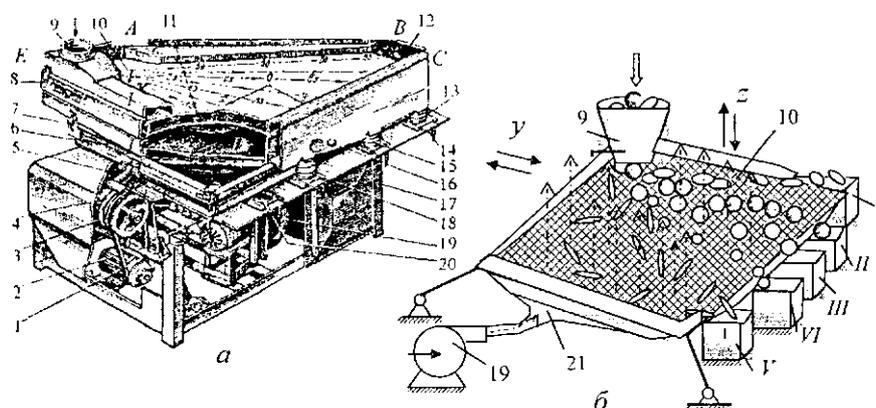
а – загальний вид: 1 – живильний пристрій; 2 – вібростіл; 3 – повітряна камера; 4 – лотки для збору і виносу фракцій; 5 – шатун; 6 – привод з варіатором; 7 – вентилятор; 8 – повітряний фільтр; 9 – основа; б – схема поділу зерна: I – легкі відходи; II – проміжна фракція; III – очищене зерно; IV – важкі відходи

дії деки і переміщуються в бік похилу деки вниз. При цьому зернова суміш розшаровується і переміщається декою визначеними смугами (рис. 3.22, б): I – легкі відходи; II – проміжна фракція, III – очищене зерно. За допомогою спрямовуючих планок кожна фракція видаляється з машини. З правої сторони деки у верхній частині розташований уловлювач важких відходів IV.

**Пневматичний сортувальний стіл ПСС-2,5В** призначений для очищення пшениці, риса, проса, гречки та інших культур, попередньо

оброблених у повітряноситових і трієрних зерноочисних машинах. На пневмосортувальному столі суміш зерна розділяють за густиною, розміром, формою і характером поверхні часточок. Можна також очищати насіння різних культур від насіння бур'янів, головні тощо, мінеральної грудкуватої домішки. Сортувальний стіл ПСС-2,5В може використовуватись як самостійно, так і в складі поточкових ліній з переробки зерна.

Основними робочими органами стола є дека 8 (рис. 3.23) і вентилятор 19. Дека продувається знизу повітряним потоком і виконана у вигляді металевого каркаса, на який туго натягнута металева сітка 10 з отворами діаметром 0,5...0,6 мм. Під сіткою розміщені дві повітровирівнювальні решітки 11. Дека встановлена так, що має нахил у поздовжньому і поперечному напрямках. У напрямку поздовжнього нахилу



**Рис. 3.23. Пневматичний сортувальний стіл ПСС-2,5В:**

а – загальний вигляд; б – функціональна схема;

1 – варіатор; 2 – регулятор; 3 – механізм привода; 4 – противага;  
 5 – шагун; 6 – рамка; 7 – кронштейн; 8 – дека; 9 – горловина; 10 – сітка;  
 11 – повітровирівнювальна решітка; 12 – клапан; 13, 15, 18 і 20 – приймачі фракцій;  
 14 – заслінка; 16 – важіль; 17 – рама; 19 – вентилятор; 21 – камера для повітря;  
 22 – повітропровід; в – схема очищення; г – схема очищення та сортування;  
 д – схема сортування; 1, 2, 3 і 4 – рухомі заслінки; I–IV – виходи для фракцій зернового матеріалу

дека приводиться в коливальний рух за допомогою ексцентрикового самобалансирного механізму 3. По боках АВ, АЕ і ЕД зроблені борти, а з двох боків ВС і ВС встановлені приймачі фракцій зерна з регульованими клапанами. Приймачі мають виходи для вивантаження фракцій. Робота стола відбувається так. Через завантажувальну горловину 9 зерно надходить на сітчасту поверхню деки 10 і рівномірно її покриває. Під дією повітряного потоку, який створює вентилятор 19, та коливань деки зерно самосортується, часточки з більшою густиною опускаються вниз на поверхню деки, а з меншою переміщуються вгору на поверхню шару. У результаті розшарування зерна важкі частинки взаємодіють з декою і за рахунок сил тертя та інерції рухаються в напрямку коливань, піднімаючись по поверхні деки в бік борта ВС. Легкі частинки менше піддаються дії деки і переміщуються в бік похилої деки до борта АЕ. Найлегші часточки сходять у вихід приймача 20, а найважчі – у вихід приймача 13.

Пневматичний стіл може очищати зерно від легких та важких домішок (рис. 3.23, в), очищати та одночасно сортувати зерно за густиною на легкі та важкі фракції.

Залежно від культури, що обробляється, її стану і засміченості перед початком роботи встановлюють відповідний поздовжній і поперечний кути нахилу деки в межах  $0...8^\circ$ , амплітуду і частоту її коливань –  $0...8$  мм і  $6-10$  Гц відповідно, швидкість повітряного потоку, регулюють заслінками вентилятора.

Пневматичні сортувальні столи **ВПС-800 і ВПС-800АП** стаціонарні, вакуумного типу. Застосовують їх в потокових лініях крупорушок. Стіл **ВПС-800АП** має систему аспірації і завантажувальний пристрій (рис. 3.24). Робочий процес столів аналогічний, як в **ПСС-2,5 В**. Технічна характеристика пневматичних сортувальних столів приведена в таблиці 3.11.

**Магнітні сепаратори.** Продовольче і фуражне зерно, яке поступає на переробку, а також готові зернові продукти часто містять металомангнітні домішки, які не можна виділити повітряноситовими сепараторами або трієрами.

Металомангнітні домішки дуже різноманітні за розмірами, формою і походженням. Серед них трапляються цвяхи, шматочки металу та

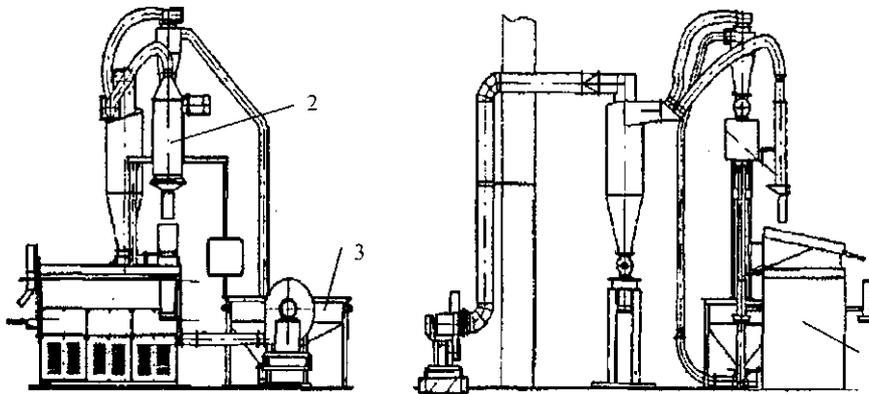


Рис. 3.24. Загальний вигляд вібропневмостола ВПС-800 АП:  
1 – пневматичний стіл; 2 – система аспірації; 3 – завантажувальний пристрій

Таблиця 3.11

Технічна характеристика каменевідбірних машин

Показник	Марка		
	ПСС-2,5В	ВПС-800	ВПС-800
Продуктивність, т/год.	0,50...2,50	0,60...0,80	1,00...1,20
Площа деки, м <sup>2</sup>	2,0	1,4	1,4
Кут нахилу деки, град	0...10	0...10	0...10
Частота коливань, Гц	6...12	6...12	6...12
Встановлена потужність, кВт	14,0	3,2	6,6
Габаритні розміри, мм:			
– довжина	–	2450	5590
– ширина	–	1500	4290
– висота	–	1610	3820
Маса, кг	–	750	1200

руди, які випадково потрапляють в зернові продукти, і продукти зносу сталених робочих органів (била, деталі транспортерів тощо). Наявність таких домішок може призвести до виникнення іскор, що може призвести до пожежі або до вибуху при певній концентрації пилу, який утворюється в процесі перероблення зернових продуктів. Потрапляючи в технологічне обладнання, вони спричиняють поломку робочих органів і прискорюють їх спрацювання. Особливо небезпечно попадання металомагнітної домішки в готову продукцію, призначену для харчових і кормових цілей. Тому вміст їх в готових зернопродуктах регламентується санітарними нормами і не має бути більшим 3 мг/кг. Максимальний розмір металомагнітної частинки не мусить перевищувати 0,3 мм, а маса окремих крупинок руди або шлаку не має бути більшою 0,4 мг.

В технологічних процесах переробки зерна на борошно і крупи передбачена установка магнітного захисту після бункерів з неочищеним зерном і дозаторів, перед оббивальними, щітковими і луцильними машинами, подрібнювачами зерна, а також на контролі готової продукції. У комбікормовому виробництві магнітні уловлювачі ставлять перед подрібнювачами і луцильними машинами, перед грануляторами і ексрудерами, а також на виході готової продукції.

У лініях переробки зерна металеві домішки з феромагнітними властивостями вилучають за допомогою магнітних сепараторів. Розрізняють магнітні сепаратори з постійними магнітами і з електромагнітами.

Робочий процес магнітних сепараторів ґрунтується на розрізненні магнітних властивостях зернових продуктів і металомагнітної домішки. Для вилучення металомагнітної частинки із зерна необхідно, щоб сила притягання магніту була не меншою рівнодіючої всіх механічних сил, що діють на частинку у протилежному напрямку магнітної сили. Технологічну ефективність магнітного сепаратора визначають так само, як і технологічну ефективність роботи інших зерноочисних машин, тобто за відносним вмістом домішок в зерні до і після його очищення.

Постійні магніти виготовляють з металів і сплавів, які мають високі магнітні властивості. Інтенсивність магнітного поля визначається магнітною індукцією, магнітною проникністю середовища і напруженістю

магнітного поля. Постійні магніти, як правило, мають підковоподібну форму (рис. 3.25). Металеві частки притягуються до поверхні сталевій плити 2 і періодично вилучаються вручну або за допомогою механічних пристроїв.

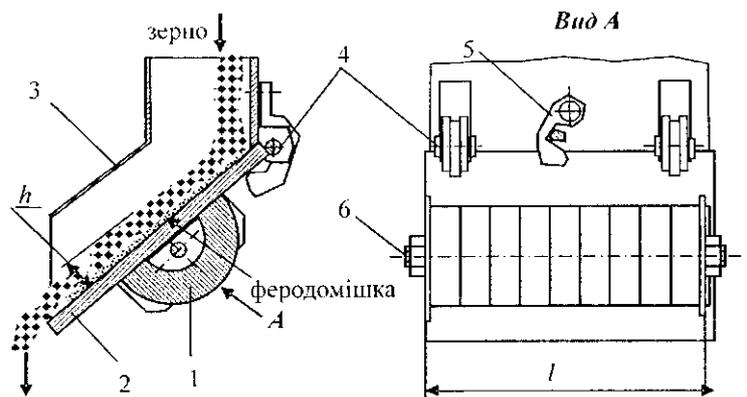


Рис. 3.25. Схема магнітного уловлювача:

- 1 – постійний магніт; 2 – сталевіа плита; 3 – лотік; 4 – шарнір;  
5 – фіксатор; 6 – шпилька

Постійні магніти і зібрані з них магнітні уловлювачі встановлюють у лотках на вході ситових сепараторів, оббивальних машин, вальцювих верстатів та інших машин. Їхніми недоліками є необхідність відбирання вручну виділених домішок. Сила притягання у них невелика і зменшується з часом в процесі експлуатації з підвищенням температури, від ударів, контакту з металоманітними тілами. Нині поширені магніти у вигляді підкови, пластини або дискові, які виготовляють зі сплаву магніко. Вони менш чутливі до ударів і струсів, ніж звичайні підкови, і одночасно зручніші, оскільки мають менші габаритні розміри і масу.

Науково-виробничим об'єднанням "АГРО-СИМО-МАШБУД" (м. Одеса) випускаються магнітні сепаратори У1-БМП і У1-БМП-01 (рис. 3.26), призначені для виділення металевіа домішки із зерна і проміжних продуктів помелу. Їх конструкції однакові. Корпус виготовляється в двох виконаннях відповідно до технологічного призначення і місця установки.

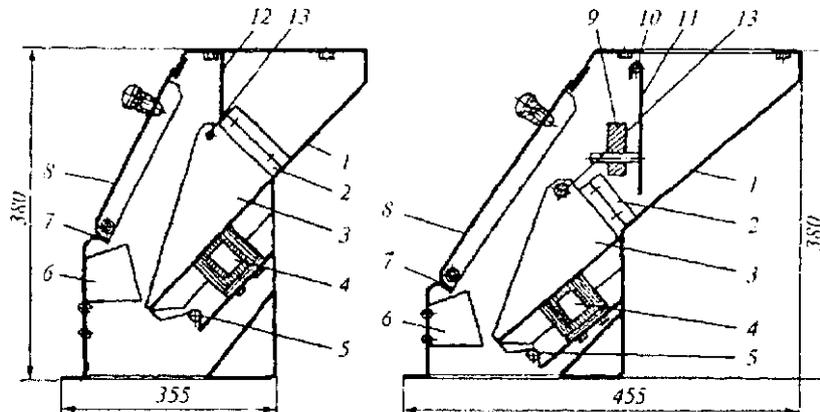


Рис. 3.26. Магнітний сепаратор:

а – У1-БМП; 6 – У1-БМП-01; 1 – корпус; 2 – обмежувач; 3 – кронштейн;  
4 – блок магнітів; 5, 10, 13 – осі; 6 – накладка; 7 – прокладка; 8 – кришка;  
9 – вантаж; 11 – заслінка; 12 – пластина

В передній стінці корпусу розташований люк, що закривається кришкою 8. Для запобігання виділення пилу встановлені прокладки 7. Усередині корпусу змонтовані осі 5 і 13 на яких закріплені кронштейн 3 з блоком магнітів 4 і обмежувач 2. Пластина 12 спрямовує потік продукту на стальну основу кронштейна над блоком магнітів.

Технічна характеристика магнітних сепараторів приведена в таблиці 3.12.

Направляючі накладки 6 кріпляться до корпусу сепаратора. Для очищення магнітів кронштейн 12 з магнітами виймають через люк корпусу. Магнітний блок складається із шести плоских магнітів, зібраних в пакет. Сепаратор У1-БМП-0,1 відрізняється від сепаратора У1-БМП наявністю поворотної заслінки, яка забезпечує рівномірну подачу продукту на стальну основу кронштейна. Кут нахилу заслінки регулюють вантажем 9.

У сепараторах з електромагнітами, сила притягання може бути значно більшою порівняно із сепараторами з постійними магнітами, тому підвищується ефективність відділення домішок. Живляться вони постійним струмом.

Таблиця 3.12

## Технічна характеристика магнітних сепараторів

Показники	У1-БМП	У1-БМП-01	У1-БММ	У1-БМЗ-01	У1-БМЗ	
Продуктивність, т/год.	11	11	8	11	22	
Кількість магнітних блоків магнітів в одному блоці	1	1	2	2	2	
	6	6	6	10	10	
Габарити, мм	довжина	355	455	700	300	295
	ширина	370	370	340	290	215
	висота	380	380	340	200	300
Маса, кг	20	24	56	16	15	

Найпоширеніша конструкція електромагнітних барабанних сепараторів з нерухою магнітною системою (рис. 3.27). Сепаратор (рис. 3.27, а) складається з нерухомих осердь з намотаними котушками 2, які намагнічуються струмом, що підводиться до котушок. Навколо електромагніту 2 на валу 3 обертається барабан 1 з немагнітного металу (латунь). Зерно стрічкою 6 подається на барабан і відкидається під дією відцентрової сили за скребок 5. Металеві домішки притягаються до поверхні барабана і втримуються доти, поки завдяки магнітному екрану 4 не вийдуть із зони дії магнітного поля. Збирають металеві домішки в місткість 7.

Однобарабанний сепаратор А1-ДЕС (рис. 3.27, б) працює так. Зерно із бункера самопливом поступає на барабан, який обертається назустріч рухові зерна. Часточки металу притягуються до поверхні барабана і втримуються доти, поки завдяки магнітному екрану 4 не вийдуть із зони дії магнітного поля. Скребком 5 вони скидаються у збірник 7. Внизу барабана на межі магнітного екрана змонтовано щітку 10 для очищення його робочої поверхні від налипання продукту. В робочій зоні барабана фартух 8 усуває розбризкування продукту під час його руху по барабану.

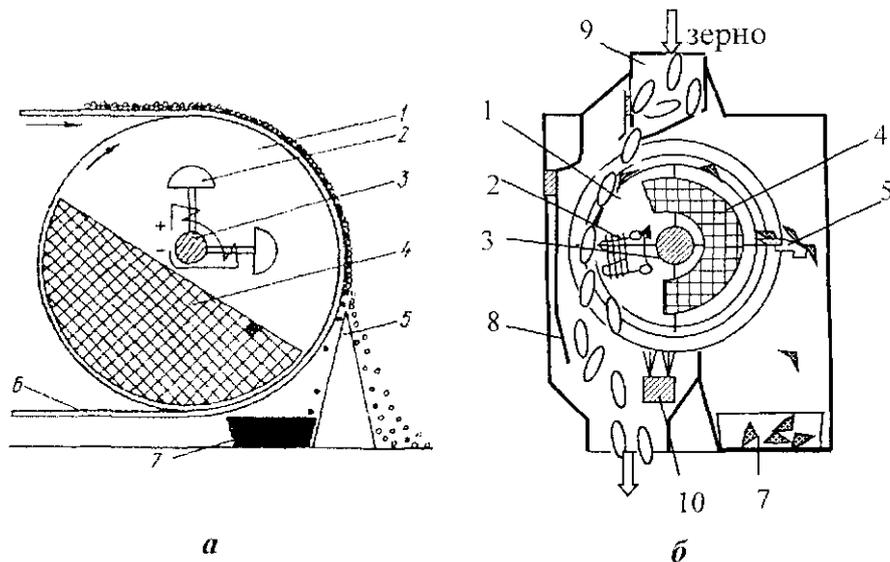


Рис. 3.27. Схеми електромагнітних сепараторів з нерухою магнітною системою:

- а – стрічковий сепаратор; б – однобарабанный сепаратор АІ-ДЕС;  
 1 – барабан; 2 – електромагніт; 3 – вал барабана; 4 – магнітний екран; 5 – скребок; 6 – стрічка; 7 – збірник металеві домішки; 8 – фаршук;  
 9 – живильний бункер, 10 – щітка

Використовують також конструкції електромагнітних сепараторів з рухомою магнітною системою.

Продуктивність магнітного сепаратора  $Q$ , кг/год., розраховують за формулою:

$$Q = l\delta\rho v_c \quad (3.26)$$

де:  $l$  – робоча ширина сталеві пластини (товщина магнітного блоку), м;  $\delta$  – товщина шару зерна над блоком магнітів, м (для зерна і крупи  $\delta = 0,010 \dots 0,012$ , при сепаруванні борошна  $\delta = 0,005 \dots 0,007$ ;  $\rho$  – насипна маса продукту, кг/м<sup>3</sup>;  $v_c$  – швидкість руху продукту, м/с (при русі зерна самопливом  $v_c = 0,4 \dots 0,8$ ).

### **3.2. Машини для очищення поверхні зерна сухим і мокрим способом**

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 якість борошна, 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 оббивальні і щіткові машини, а для мокрої – мийні машини.

У млинах і крупорушках застосовують оббивальні 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 розмілюванням зерна на борошно і для попереднього лушення зерна в круп'яному виробництві. В оббивальній 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 сталевією, частково видаляються оболонки, боріздки і зародки, а також оголюється ендосперм, що призводить до його втрати. Оббивальна машина зі сталевією гладкою поверхнею м'яко діє на зерно, видаляє пил і здійснює незначне лушення зерна, зберігаючи при цьому зародок. Під час обробки зерна оббивальними машинами на поверхні зернівок появляються 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, звожуються. 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.

**Оббивальні і щіткові машини.** У сучасних зернопереробних виробництвах найбільш поширений сухий спосіб очищення зерна оббивальними та щітковими машинами. Їх класифікують за способами завантаження зерна і аспірації, конструкцією робочих органів та призначенням (рис. 3.28).

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

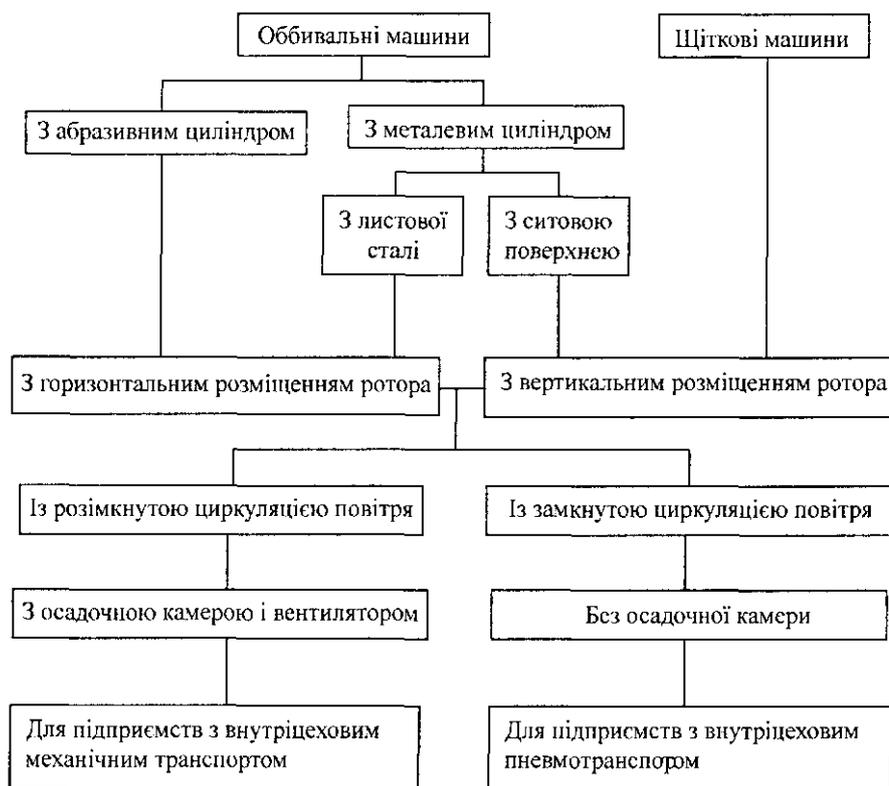


Рис. 3.28. Класифікація оббивальних і щіткових машин

машинах. Щіткові машини застосовують на завершальній стадії підготовки зерна до помелу перед його подрібненням. Технологічну ефективність роботи оббивальних і щіткових машин оцінюють відносними показниками: зниження зольності зерна  $\Delta Z$ ; збільшенням битих зерен  $\Delta D$ , %:

$$\Delta Z = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1} \cdot 100; \quad \Delta D = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \cdot 100, \quad (3.27)$$

де:  $Z_1, D_1$  і  $Z_2, D_2$  – відповідно зольність зерна і вміст дроблених зерен до і після обробки, %.

**Оббивальні машини ЗНМ і ЗОМ-5** (рис. 3.29, 3.30) призначені для роботи в лініях переробки зерна з механічним транспортом.

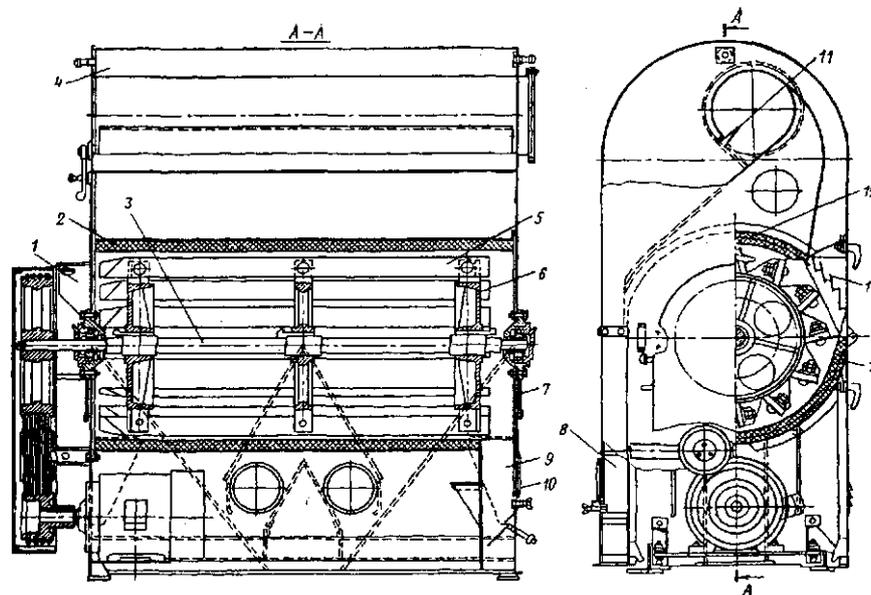


Рис. 3.29. Оббивальна машина типу ЗНМ:

- 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

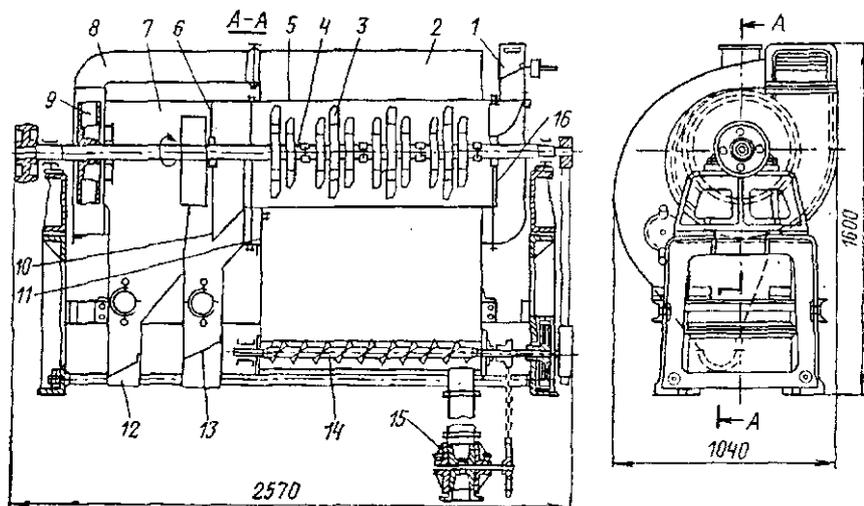


Рис. 3.30. Оббивальна машина ЗОМ-5 з металевим циліндром:

- 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 замінити 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 надход-

ження повітря, яке продуває оброблене зерно на виході з машини. З лицьової сторони стінки розташований люк 10, через який розвантажуються 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 ґрати, що затримують велику домішку і сторонні предмети.

Бильний ротор складається з насаджених на приводний вал чавунних розеток 6. До розеток кріпляться била 5 з ухилом до подовжньої осі ротора. Ротор приводиться в обертовий рух від електродвигуна через клинопасову передачу.

В осадовій камері є клапан 11 для регулювання швидкості повітряного потоку і патрубок 8 для випуску домішок. Оббивальні машини цього типу не мають вентиляторів, їх приєднують до зовнішньої аспіраційної системи.

Пил і часточки оболонки, що виділяються в процесі обробки зерна, відсмоктуються разом з повітрям через жалюзі і надходять в осадову камеру, де важчі частинки зсідають на дно осадового конуса з гравітаційним клапаном, через який виводяться з машини. Легкі частинки виносяться з машини повітряним потоком в зовнішню аспіраційну систему цеху.

*Оббивальна машина ЗОМ-5* (рис 3.30) складається із змонтованих на чавунній основі нерухомого сталевго циліндра 5, бильного ротора з радіальними білами 3 і аспіраційної камери. Циліндр виготовлений із сталюого листа і має гладку внутрішню поверхню. На його торцевій стінці, з боку приводного шківa 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. Привод шлюзового затвору здійснюється від вала шнека ланцюговою передачею.

Технічна характеристика оббивальних машин типу ЗНМ і ЗОМ-5 приведена у таблиці 3.13.

Таблиця 3.13

## 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...0,03
Збільшення битих зерен (не більш), %	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
Ухил бичів	1:10	1:8,5	–
Площа робочої поверхні циліндра, м <sup>2</sup>	1,8	4,3	–
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год.	0,41...0,5	0,83	0,41...0,58
Потужність електроприводу, кВт	5,5	10	2,8
Габарити, мм:			
– довжина	1420	2150	2570
– ширина	850	1090	1040
– висота	1800	2180	1600
Маса, кг	920	1820	930

Оббивальні 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 3.31. 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 сталеву, частково видаляються оболонки, борідки і зародки, а також оголюється ендосперм, що призводить до його втрати. Оббивальна машина зі сталеву гладенькою поверхнею м'яко діє на зерно, видаляє пил і здійснює незначне лущення зерна, зберігаючи при цьому зародок.

Машина ЗМП-5 (рис. 3.32) 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 оббивальної машини. У верхньому жолобі зроблені отвори з патрубками для приймання і виходу зерна.

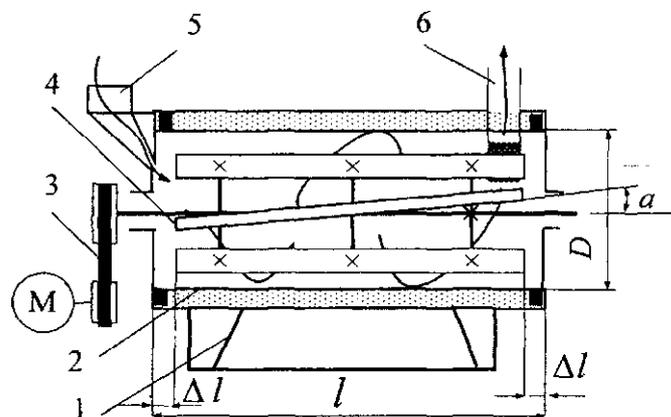


Рис. 3.31. Схема оббивальної машини типу ЗМП:  
1 – рама; 2 – абразивний циліндр; 3 – привід; 4 – бильний барабан;  
5, 6 – впускний і випускний патрубки

Прийомний патрубок обладнаний ґратами, які затримують велику домішку і сторонні предмети. У з'єднанні вивідного патрубку машини з патрубком продуктопроводу пневмотранспорту встановлена регульовальна конусна насадка 6, яку переміщують уздовж продуктопроводу у відповідне місце під час регулювання швидкості і кількості повітря при транспортуванні зерна.

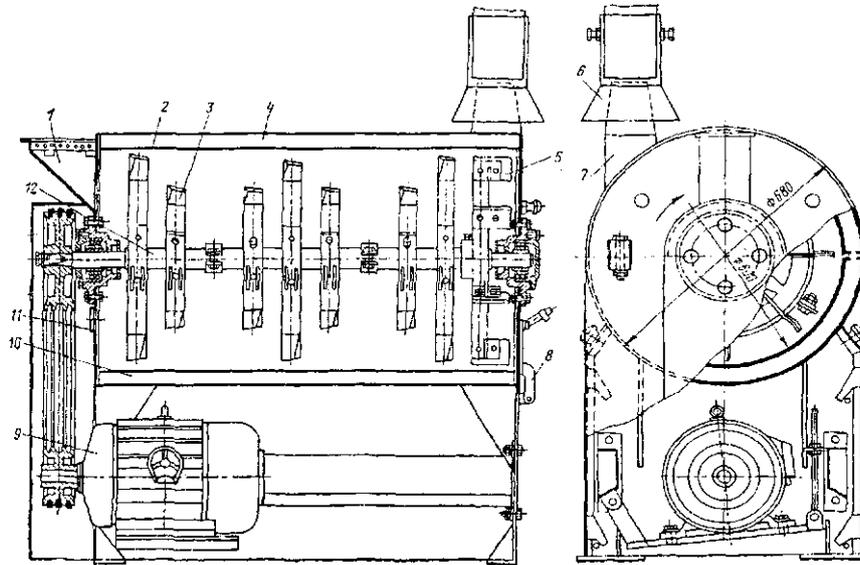


Рис. 3.32. Оббивальна машина типу ЗМП-5:

- 1 – прийомний патрубок; 2 – нерухомий циліндр; 3 – бито; 4 – верхній жолоб; 5 – крильчатка; 6 – конусна насадка; 7 – випускний отвір; 8 – клапан; 9 – електродвигун; 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 вивантажувального патрубку. Ротор приводиться в рух клинопасовою передачею від електродвигуна 9.

Робочий процес машини відбувається так. Зерно прийомним патрубком 1 надходить у робочий циліндр, підхоплюється битами 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, борізки, 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 матеріалопровод пневмотранспортної системи. Інтенсивність обробки регулюють зміною швидкості обертання бильного ротора. Технічна характеристика оббивальних машин типу ЗНП і ЗМП приведена у таблиці 3.14.

Таблиця 3.14

**Технічна характеристика оббивальних машин типу ЗНП, 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, об/хв.	490	600	415	415
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 <sup>2</sup>	2,0	2,0	4,3	4,3

Оббивальна машина з вертикальним розміщенням ротора типу **РЗ-БМО** (рис. 3.33) 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 сталюого 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 розподільного 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 сталевих бил 11. Біла кріпляться до розеток болтами. Вал ротора установлений на двох підшипниках: верхній (роликівий сферичний) сприймає радіальні і осьові навантаження, нижній (кульковий сферичний) – тільки радіальні навантаження.

Машина працює так. З приймального патрубку 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 біла і внутрішню поверхню сітчастого циліндра. Завдяки багаторазових ударів і тертя зерна об робочі органи і між собою відбувається очищення поверхні зернівок від бруду.

У таблиці 3.15 наведена технічна характеристика оббивальних машин з вертикальним розміщенням ротора.

Оббивальна машина РЗ-БГО-6 (рис. 3.34) застосовується в млинах і крупорушках з пневмотранспортом. Всі конструктивні вузли машини

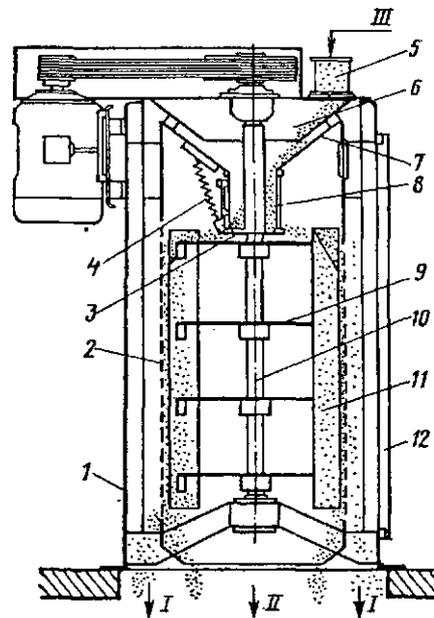


Рис. 3.33. Оббивальна машина РЗ-БМО:

- 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 3.15

## Технічна характеристика оббивальних 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

(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. 3.34, а) складається із дерев'яного каркаса і натягнутого на нього сітки з дроту гранованого профілю. Бильний ротор (рис. 3.34, б) складається з порожнистого вала 2, до якого прикріплені гвинтами вісім сталевих бил 3. До кожного биля приварені гонки 4, які на чотирьох билях закріплені під кутом 80° до осі ротора, а на інших – під кутом 60°. П'ять крайніх гонків з обох кінців биля 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 патрубку 2 і магнітного уловлювача з постійними магнітами 3, в якому блок магнітів із знімним лотком

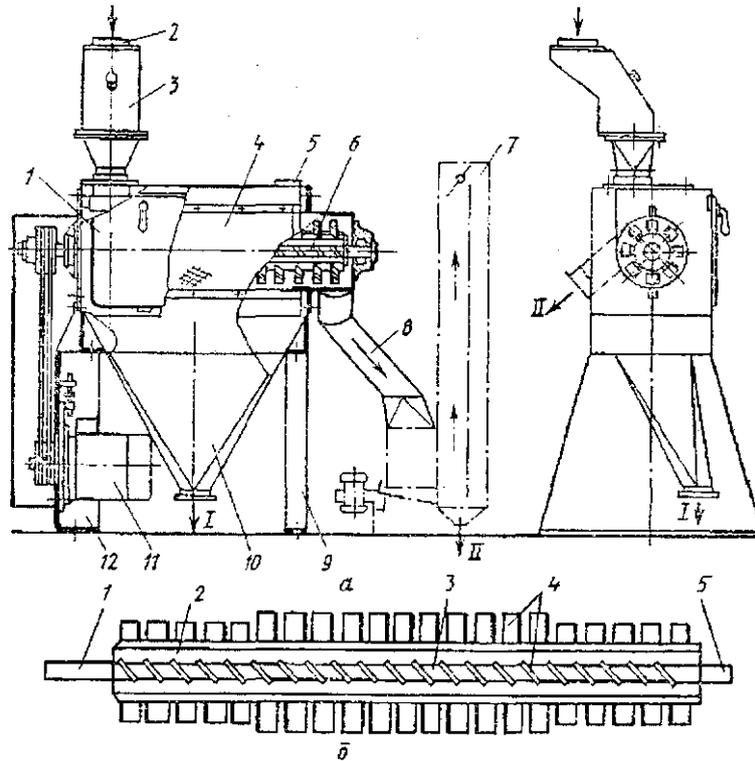


Рис. 3.34. Оббивальна машина РЗ-БГО-6:

а – загальний вигляд:

- 1 – корпус; 2 – приймальний пагрубок; 3 – магнітний уловлювач;  
 4 – сітчастий циліндр; 5 – отвір для з'єднання машини з аспіраційною системою; 6 – бильний ротор; 7 – аспіраційний канал; 8 – патрубок;  
 9 – стойка; 10 – вивантажувальний конус; 11 – електродвигун; 12 – основа;  
 I – лузга; II – зерно; б - бильний ротор: 1, 5 – цапфи; 2 – вал; 3 – било; 4 – гонки

фіксується гравітаційним замком. Для видалення металомагнітних домішок лоток з магнітами знімають.

Робочий процес в машині відбувається так. 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 патрубку 8. В робочому просторі зерно піддається багаторазовому удару та інтенсивному тертю об робочі органи, завдяки чому воно очищається від бруду і лушиться. Оброблене зерно вивідним патрубком 8 подається в пневмосепаруючий канал 7, в якому очищається від легких продуктів лушення (борошенця, дрібних часточок лузги), і виводиться з машини. Лузга проходить через сітчастий циліндр 4 і зсідає у випускному конусі 10 з якого виводиться назовні. Продуктивність машини **РЗ-БГО-6** регулюють в межах 6...9 т/год.

Оббивальна 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 оббивальні машини малої продуктивності **МО-1...4** із сітчастими (типу **БГО**) і абразивними робочими циліндрами типу з конструктивним викопанням для роботи з внутрішнім пневмотранспортом.

Для нормальної роботи оббивальних машин необхідно дотримуватись таких вимог:

- аспіраційні труби, клапани і кришки люків мусять мати щільні з'єднання, які не допускають підмокнування повітря у пневмотранспорт і виділення пилу з машини назовні;
  - подача зерна в машину мусить 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 іскор і пожежі або до вибуху при певній концентрації пилу, який утворюється під час очищення зерна;
- необхідно систематично перевіряти стан робочої поверхні циліндра, жалюзі і клапани, так як несправності їх спричиняють зниження технологічної ефективності обробки і значні втрати зерна.

Технологічний розрахунок оббивальних машин. Продуктивність оббивальних машин визначають за формулою:

$$Q = \pi D l q, \quad (3.28)$$

де:  $Q$  – продуктивність технологічної лінії, кг/год.;  $D$  – діаметр циліндра, м;  $l$  – робоча довжина циліндра, м;  $q$  – питома навантаження, кг/(м<sup>2</sup>·год.) (табл. 3.16).

Таблиця 3.16

**Питоми витрати і навантаження на оббивальні машини**

Культура	Машина з циліндром					
	абразивним			металевим		
	$q$ , кг/(м <sup>2</sup> ·год.)	$q_w$ , м <sup>3</sup> /кг	$N_o$ , кВт·год./кг	$q$ , кг/(м <sup>2</sup> ·год.)	$q_w$ , м <sup>3</sup> /кг	$N_o$ , кВт·год./кг
Пшениця	1000	600	$1,2 \cdot 10^{-3}$	4500	200	$5 \cdot 10^{-4}$
Жито	800	1000	$1,5 \cdot 10^{-3}$	4000	250	$4 \cdot 10^{-4}$
Ячмінь	600	700	$9 \cdot 10^{-4}$	600	500	$5 \cdot 10^{-4}$

Діаметр циліндра  $D$ , м, визначають за формулою:

$$D = \sqrt{kQ/(\pi q)}, \quad (3.29)$$

де  $k = 0,5 \dots 0,8$  – відношення діаметра циліндра до його довжини.

Витрата повітря

$$W = q_w Q, \quad (3.30)$$

де  $q_w$  – питоми витрати повітря, м<sup>3</sup>/кг (табл. 3.16).

Робоча довжина циліндра і бильного барабана, м:  $l = D / k$ .

Повна довжина циліндра:  $l_u = l + 2 \cdot \Delta l$ ,

де  $\Delta l = 0,01 \dots 0,03$  – зазор між билами і внутрішньою поверхнею циліндра (табл. 3.17), м.

Потрібну потужність для приведення ротора в дію визначають за емпіричною залежністю

$$N = N_o Q, \quad (3.31)$$

де  $N_o$  – питоми витрати потужності, кВт·год/кг (див. табл. 3.16.)

Таблиця 3.17

## Кінематичні та конструктивні параметри оббивальних машин

Параметри	Технологічна операція					
	Очищення		Лушення (шеретування)			
	пшениці	жита	ячменю		вівса	
			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 $\delta$ , мм	25...30	20...25	20...22	16...18	22...25	17...20
Поздовжній нахил бил $\alpha$ , град.	10...12	8...10	7...8	6...7	10...11	8...9

Потужність електродвигуна, кВт,

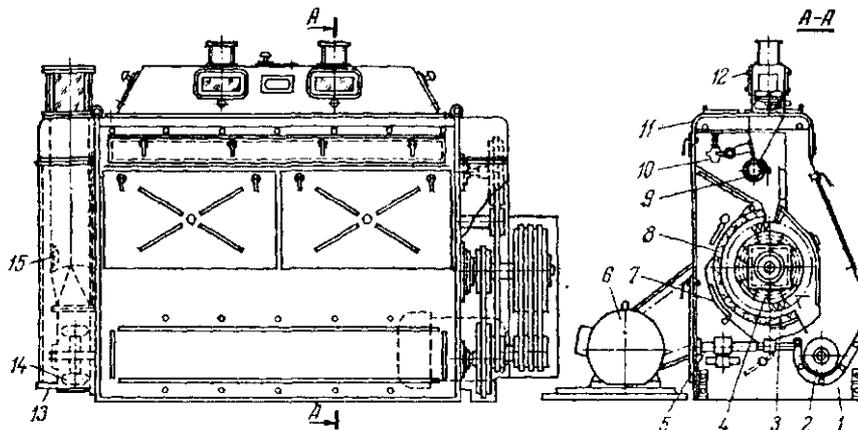
$$N_{\text{дв}} = N / \eta,$$

де  $\eta$  – ККД передачі.

Максимальну колову швидкість ротора  $v_{\text{max}}$  приймають приблизно в два рази меншою від швидкості удару  $v_y = 40$  м/с, при якій подрібнюється зерно, тобто  $v_{\text{max}} \approx 20$  м/с.

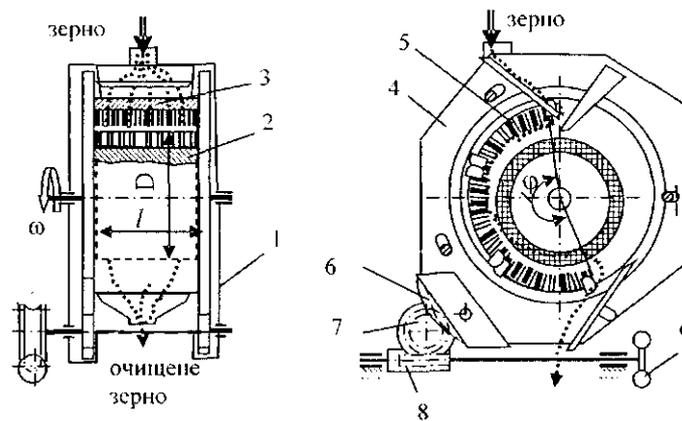
**Щіткові машини.** Під час обробки зерна оббивальними машинами на поверхні зернівок появляються надірвані оболонки, а в борізках залишається пил, тому зерно додатково обробляють щітковими машинами (рис. 3.35, 3.36). На борошномельних підприємствах із внутрішньоцековим пневматичним транспортуванням зерна 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 3.35) мають багато однакових вузлів і складаються із розбірного металевго корпусу 1, у середині якого змонтовано щіткові 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



**Рис. 3.35. Загальний вигляд щіткової машини:**

- 1 - корпус; 2 - шнек; 3 - рухлива жока; 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. 3.36. Функціональна схема щіткової машини:**

- 1 - корпус; 2 - щітковий барабан; 3 - щіткова дека; 4 - жока деки;  
 5 - блок щіток; 6 - зубчастий сектор; 7 - зубчасте колесо;  
 8 - черв'ячна передача; 9 - штурвал

щіток 5 і двох шік 4, на кінцях яких закріплені зубчасті сектори 6 механізму регулювання зазору, до складу входять черв'ячна передача 8 з штурвалом 9 та зубчасті сектор 6 і колесо 7.

В машині типу **БЩП** оброблене зерно виводиться у матеріалопровід 15 механічною швирилкою 14, крильчатка якої закріплена на валу вивантажувального шнека 2, а з машини з механічним транспортом (тип **БЩМ**) – через нижнє вікно 13 у корпус швирилки.

Технологічний процес очищення зерна наступний. Зерно з прийомного патрубку самопливом надходить у живильний патрубок 12 і на живильний валик 9, який рівномірно шаром подає його в робочу зону машини. Очищення зерна від надірваних оболонки 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 швирилку, 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  $6 \pm 2$  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.

Технічна характеристика щіткових машин приведена у таблиці 3.18.

На технологічну ефективність впливають наступні фактори:

- технологічні властивості зерна (скловидність, вологість, твердість тощо);
- 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 3.18

## 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 <sup>3</sup> /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 висота	1650 1370 1550	2300 1550 1550	1770 480 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 оббивальних машин. Продуктивність щіткових машин  $Q$ , кг/год., визначають за формулою:

$$Q = 0,5Dl\varphi q, \quad (3.32)$$

де:  $D$  – діаметр деки, м;  $l$  – довжина деки, м;  $q = 12000...14000$  – питома навантаження на деку, кг/(м<sup>2</sup> · год.);  $\varphi = \pi...1,1\pi$  – кут обхвату барабана декою, рад.

Необхідну потужність  $N$ , кВт, для приведення щіткового барабана в дію визначають за емпіричною формулою:

$$N = N_o Q,$$

де  $N_o = (3...5) \cdot 10^{-4}$  – питома потужність, кВт·год/кг.

**Мийні машини.** Під час обробки зерна водою воно добре очищується від домішок, ззовні від бруду і зволожується. У зволоженому зерні в середині нього відбувається диференційоване розподілення вологи між оболонкою і ендоспермом. Під час відлежування зволоженого зерна послаблюються зв'язки між ендоспермом і оболонками, структура оболонок стає пластично-в'язкою, а в ядрі утворюються тріщинки, воно стає більш крихким. Все це в сукупності полегшує відділення оболонок від ядра крупними часточками, зменшує енергомісткість процесу подрібнення зерна вальцями верстата.

Для миття зерна використовують комбіновані мийні машини **Ж9-БМА, Ж9-БМБ, КВД** та ін. з вертикальною відтискною колонкою. Ці машини відділяють основну масу домішок, що відрізняється від зерна густиною і очищують поверхню зернівок від прилипнутого бруду. Основними вузлами мийної машини (рис.3.37) є ванна I з двома парами шнеків 3,4, сплавна камера II та віджимна колонка III з циліндричним ситом 9 і бильним рото ром 10. верхні шнеки 3 призначені для перемішування зерна з водою і 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 відтискну колонку III.

Прийомний пристрій I машини встановлюють вздовж ванни в різних місцях, від цього залежить тривалість миття зерна в машині.

Віджимна колонка (рис. 3.38) 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 шкрити 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. На зовнішній стороні до кутників прикріплені під кутом до вертикалі лопатки 16. З внутрішньої сторони до кутників 14 прикріплені вертикальні біла 15, які подібно колесу вентилятора при обертанні ротора всмоктують повітря всередину машини. Біла в поперечному розрізі

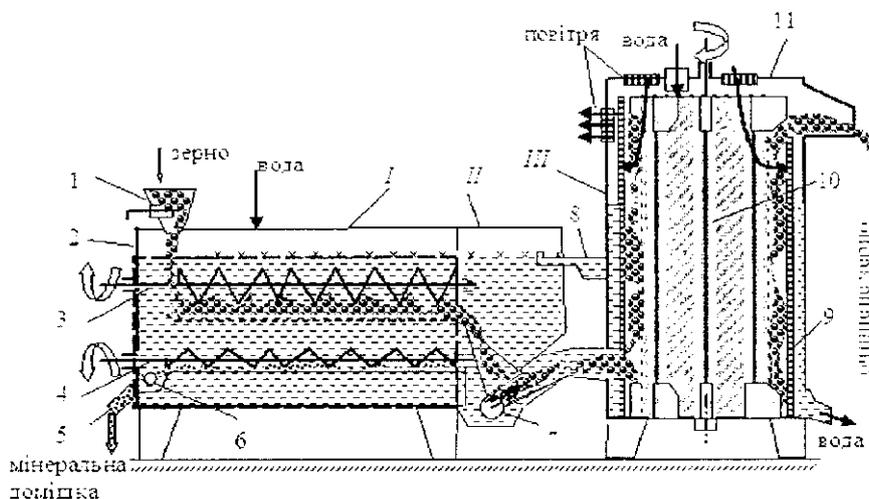


Рис. 3.37. Функціональна схема мийної машини:

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

мають форму кривої (рис. 3.38,а розріз А-А,) або прямокутну форму, як це показано в плані (рис. 3.38, б).

Ротор приводиться в рух від електродвигуна через клинопасову передачу, приводний вал II і конічний редуктор 10. Під час обертання ротора лопатки 16 переміщують 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 I (рис. 3.37) 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 комунікаційні системи (на рис. 3.37 не показані), швидкість переміщення зерна шнеками в мийній ванні вибирають експериментально

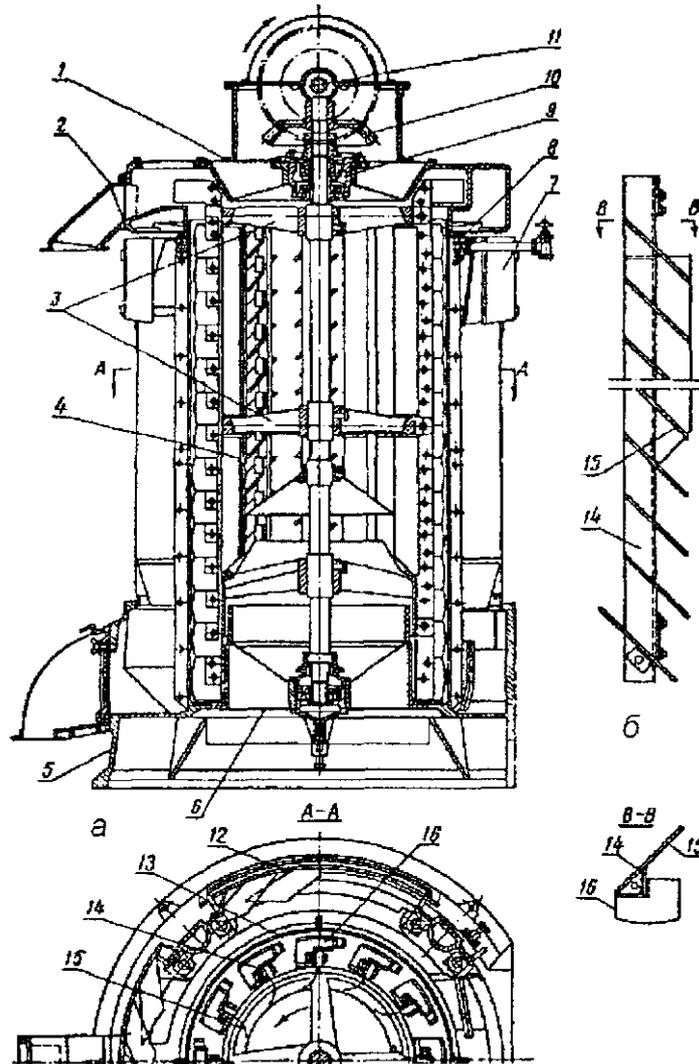


Рис. 3.38. Віджимна колонка:

- 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 – біло; 16 – лопатки

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, переміщуються до сплавного лотка 8 і виводяться з машини разом з частиною води. Важкі домішки (пісок, камені тощо) осідають на дно камери, звідки шнеками 4, переміщуються 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 зсїдаються 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 переміщується у приймальний патрубок віджимної колонки III.

Зерно разом з водою із нижньої частини віджимної колонки підіймається лопатками ротора по гвинтовій траєкторії вгору 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 луцтається. 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.

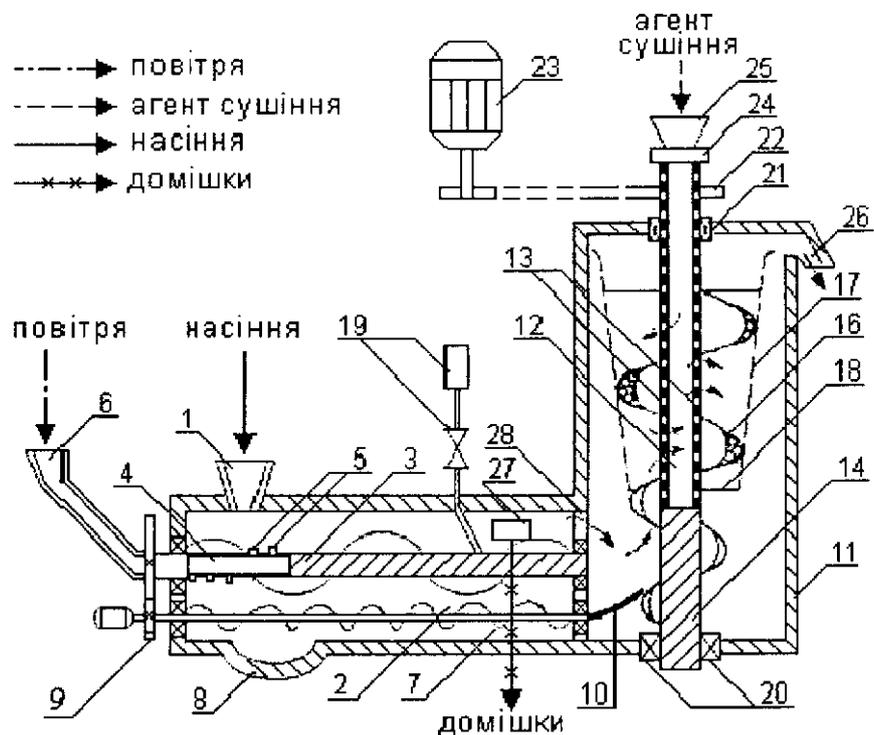
Відпрацьовану воду випускають в каналізацію або направляють на очищення для повторного використання. Залежно від ступеня забруднення води її повертають у мийну машину повністю або частково.

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. 3.37) для очищення насінневого матеріалу і зерна гречки, проса та інших культур в лініях виготовлення крупів, обмежене значним пошкодженням зародка та підвищеним виходом битих зерен. Крім того, при обробці насінневого матеріалу після виходу з мийної машини його необхідно сушити,

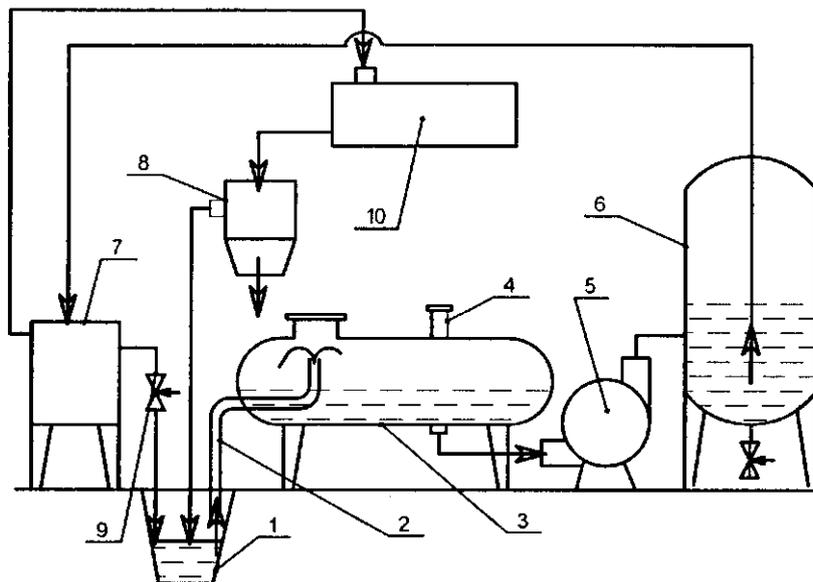
що вимагає додаткового обладнання. Зазначених недоліків не має мийна машина (рис. 3.39) конструкції НВО “АГРО-СІМО-МАШБУД”. Вона відрізняється від традиційної мийної машини конструкцією зернового шнека і робочих органів віджимної колонки. Вал 4 зернового шнека 3 виконаний порожнистим із форсунками 5, 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. 3.39) 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 клинопасову 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 тону зерна. Тому доцільно застосовувати установки для очищення відпрацьованої мийної води і повторному її використанню. На рисунку 3.40 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, відстоювана вода з басейна



**Рис. 3.39. 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 – привод 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 – клинопасову передача; 23 – двигун; 24, 25 – з'єднувальний пристрій; 26 – зерновий патрубок; 27 – вікно для відведення води з легкою домішкою; 28 – вікно для зерна



*Рис. 3.40. 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

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.

### **3.3. Комплектне обладнання для гідротермічної обробки зернових продуктів**

*Загальні відомості з технології.* Гідротермічна обробка зерна (ГТО) – це сукупність технологічних прийомів, яка передбачає дію на зерно вологи, тепла (пари) перед розмелюванням на борошно і виготовленням крупів, при підготовці насіння олійних культур до пресування олії. В результаті ГТО змінюються в потрібному напрямку технологічні властивості зерна, послаблюються механічні зв'язки між оболонками та ендоспермом зернівок, між рослинним жиром і білковою частиною ядра олійних культур, збільшуються вихід і смак готових продуктів, строк їх зберігання.

Технологічний процес гідротермічної обробки зерна перед розмелюванням на борошно (кондиціонування зерна) передбачає його зволоження, теплову обробку та відволоження. Обробку зерна проводять у мийних і спеціальних зволожувальних машинах та швидкісних кондиціонерах. Відволожують зерно у бункерах для відволоження (відлежування). За температурним режимом розрізняють “холодне кондиціонування зерна”, яке роблять при  $t = 15...25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , та “гаряче кондиціонування” – при  $t = 35...45\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Гідротермічна обробка круп'яних культур передбачає пропарювання зерна парою, сушіння і охолодження в спеціальних апаратах, олійних культур – волого-теплову обробку (жарення) в жаровнях і форчанах різноманітних конструкції.

Вид гідротермічної обробки зерна, тип і послідовність використання обладнання визначають згідно зі схемою технологічного процесу та наявного обладнання.

#### **3.3.1. Машини та обладнання для гідротермічної обробки зерна на млинах**

*Обладнання для холодного кондиціонування.* На сучасних вальцювих млинах переважно застосовують холодне поетапне кондиціонування зерна, яке охоплює операції зволоження зерна волою з наступним тривалим (12...24 год.) відволоженням за температури  $15...24\text{ }^{\circ}\text{C}$  (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. 3.41) складається із шнекового зволожувача 2, системи постачання води і декількох бункерів відволоження 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. 3.41) або під тиском водопровідної мережі.

Робочий процес ГТО здійснюється так. 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

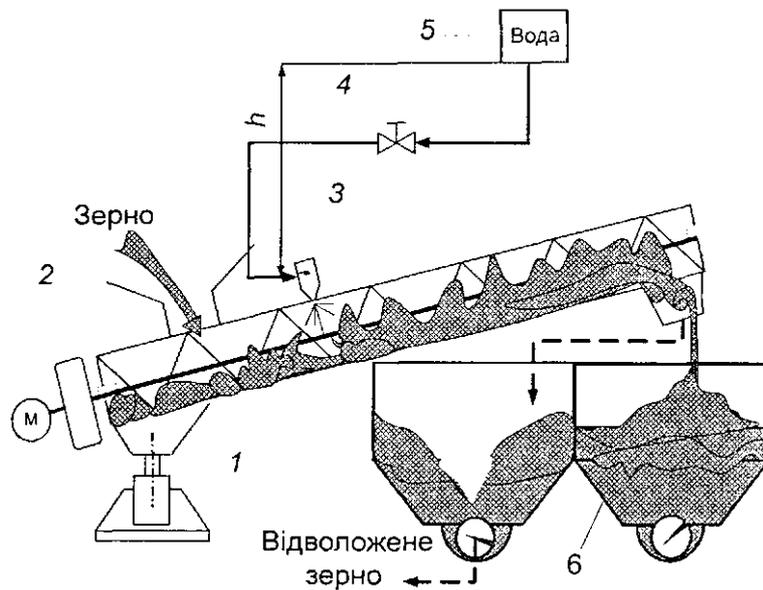


Рис. 3.41. Функціональна схема холодного кондиціювання зерна:  
 1 – поворотна п'ята; 2 – гвинтовий змішувач; 3 – форсунка; 4 – дозатор;  
 5 – бак; 6 – бункери відлежування

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 вальцювими 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. 3.42) працює так. У приймальній 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 відволоження. Технічна характеристика зволожувачів зерна наведена в таблиці 3.19.

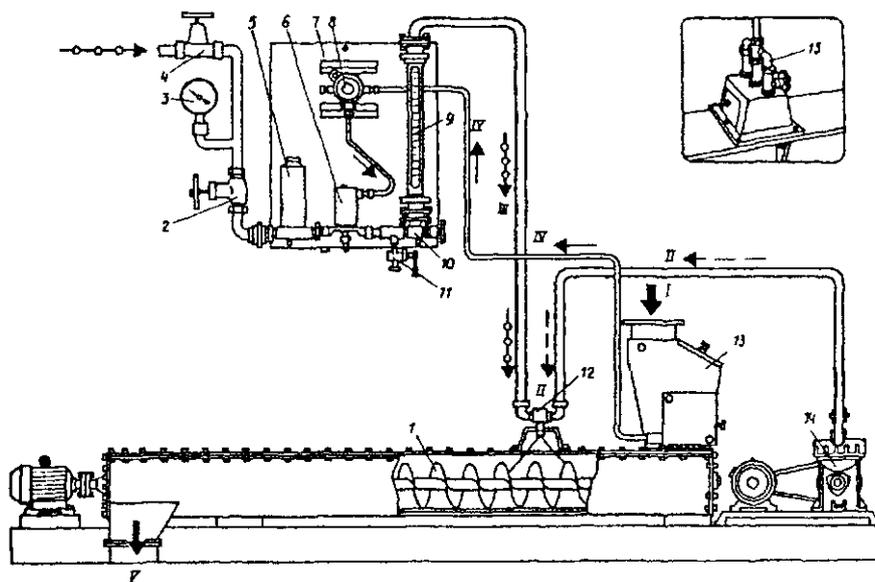


Рис. 3.42. Технологічна схема зволожувача А1-БАЗ:

- 1 – гвинт; 2 – вентиль; 3 – манометр; 4 – редукційний клапан; 5 – фільтр;  
 6 – електромагнітний вентиль; 7 – панель; 8 – розподільна коробка;  
 9 – ротаметр; 10 – регулюючий 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 3.19

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

**Розрахунок.** Основними технологічними параметрами обладнання холодного кондиціювання зерна, які визначають при проектуванні, є продуктивності системи крапельного зволоження, гвинтового змішувача, місткості бункерів відлежування і бака для води та їхні основні геометричні параметри.

Продуктивність системи крапельного зволоження  $Q_B$ , л/год., визначають за формулою:

$$Q_B = Q \frac{B_2 - B_1}{100 - B_2}, \quad (3.33)$$

де:  $Q$  – продуктивність млина, кг/год.;  $B_1, B_2$  – вологість зерна відповідно до зволоження і після відлежування, % : (у розрахунках беруть  $B_1 = 12\%$ ,  $B_2 = 16...18\%$ ).

Діаметр отвору штуцера, мм,

$$d = 6,7 \sqrt{\frac{4Q_B}{\mu \rho \sqrt{2gh}}}, \quad (3.34)$$

де:  $\mu = 0,95$  – коефіцієнт витікання рідини;  $\rho = 1000$  – густина води, кг/м<sup>3</sup>;  $h = 1,5...2$  – напір води, м;  $g = 9,81$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Для гвинтових конвеєрів продуктивністю  $Q \leq 5000$  кг/год. беруть такі значення параметрів: діаметра гвинта  $D = 100$  мм, його вала  $d = (0,20...0,32) D$  ( $d$ ), кроку гвинтової лінії  $t = (0,75...1,00) D$ .

Кут підйому гвинтової лінії, град,

$$\alpha = \arctg \frac{t}{\pi D}. \quad (3.35)$$

Швидкість руху зерна  $v_a$ , м/с, вздовж осі гвинта визначають за формулами:

$$v_a = \frac{Q}{900 \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot \psi \cdot \rho \cdot c_0}, \quad (3.36)$$

$$v_a = ctg \varepsilon \sqrt{\frac{Dg}{2} \frac{\sin(\alpha + \varphi) \sin \beta - \cos(\alpha + \varphi) \cos \beta \sin(0,75\varphi_0)}{f \sin(\varepsilon - \alpha - \varphi) - \cos \beta \cos(0,75\varphi_0)}}, \quad (3.37)$$

де:  $\psi = 0,15...0,35$  – коефіцієнт заповнення зерном міжвиткового простору, %;  $\rho = 740...850$  – насипна маса зерна,  $\text{кг/м}^3$ ;  $c_0 = 0,8...0,9$  – коефіцієнт, який ураховує зворотний рух зерна;  $g = 9,81$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ;  $\varphi = 19,5^\circ$  – кут тертя – ковзання зерна при русі по сталі, град;  $\beta = 0...12^\circ$  – кут нахилу осі гвинта до горизонту, град;  $\varphi_0 = 35^\circ$  – кут природного укосу зерна в стані спокою, град.

Методом послідовних наближень визначають кут  $\varepsilon$  між векторами абсолютної  $v_a$  і осьової  $v_o$  швидкостей руху зерна.

Колову швидкість витка гвинта по зовнішній кромці визначають за формулою:

$$v = v_o (\text{ctg } \beta + \text{tg } \varepsilon), \quad (3.38)$$

а його кутову швидкість

$$\omega = 2v/D, \quad (3.39)$$

яка згідно з рекомендаціями не повинна перевищувати величину 50 рад/с.

Колову, кутову і абсолютну швидкості руху зерна розраховують за такими виразами:

$$v_3 = v_o \text{tg } \varepsilon, \quad \omega_3 = 2 \cdot v_3/D, \quad (3.40)$$

$$V_a = v_o / \cos \varepsilon.$$

Довжину гвинта  $L$ , м, визначають з умови забезпечення рівномірного зволоження поверхні зернівок:

$$L = v_o \tau, \quad (3.41)$$

де  $\tau = 1...2$  – тривалість перебування зерна в гвинтовому змішувачі, с.

Місткість бункера відволожування,  $\text{м}^3$ :

$$W_6 = Q T / (\rho z k_r), \quad (3.42)$$

де:  $T$  – тривалість відволожування зерна, год.;  $\rho$  – густина зерна,  $\text{кг/м}^3$ ;  $z = 2...4$  – кількість бункерів, шт.;  $k_r = 0,85...0,90$  – коефіцієнт шпонування бункера зерном.

Потрібну потужність  $N$ , кВт, для приведення в дію гвинтового змішувача в першому наближенні визначають за формулою:

$$N = N_1 + N_2 + N_3, \quad (3.43)$$

де  $N_1$  – потужність, яка витрачається на надання кінетичної енергії зерну, кВт:

$$N_1 = \frac{Qv_0^2}{7,2 \cdot 10^6}, \quad (3.44)$$

$N_2$  – потужність, яка витрачається на подолання опору від сил тертя зерна у внутрішню поверхню кожуха гвинта, кВт:

$$N_2 = \frac{Q\tau v_0 f}{7,2 \cdot 10^6} (\omega^2 D + 2g \cos \beta \cos(0,75\varphi_0)), \quad (3.45)$$

$N_3$  – потужність, яка витрачається на подолання опору від сил тертя зерна у гвинті та піднімання зерна, кВт:

$$N_3 = \frac{D(\omega - \omega_3)}{2 \cdot 10^3} (P_1 \frac{D_0}{D} + P_2), \quad (3.46)$$

де:  $P_1, P_2$  – колові сили, дотичні до кіл з діаметрами  $D_0 = 0,75D$ , які виражаються такими співвідношеннями:

$$P_1 = \frac{Q\tau g}{3,6 \cdot 10^3} [\sin \epsilon \operatorname{tg}(\alpha_0 + \varphi) + \cos \beta \sin(0,75\varphi_0)], \quad (3.47)$$

$$P_2 = \frac{Q\tau f}{7,2 \cdot 10^3} [\omega_3^2 D_0 + g \cos \beta \cos(0,75\varphi_0)], \quad (3.48)$$

де  $\alpha_0$  – кут підйому гвинтової лінії на діаметрі  $D_0$ :

$$\alpha_0 = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi D_0}. \quad (3.49)$$

**Обладнання для гарячого кондиціонування зерна на млинах.** На сучасних зернопереробних підприємствах для ГТО застосовують апарати для обробки зерна теплом і вологою. В залежності від призначення їх умовно поділяються на групи: для обробки зерна на млинах, круп'яних заводах і комбікормових виробництвах.

Для підготовки зерна до помелу на борошно поширення одержали водяні, повітряні, повітряно-водяні і парові кондиціонери (рис. 3.43).

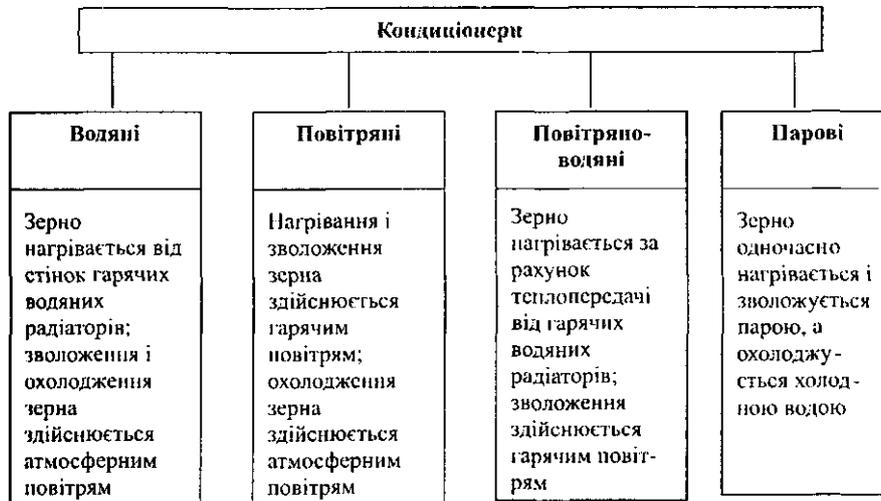


Рис. 3.43. Класифікація кондиціонерів

Водяні і повітряні кондиціонери мають малу продуктивність і енерговитратні, тому використовуються обмежено. Основними вузлами повітряно-водяного кондиціонера є живильник, верхнє двосекційне підігрівальне відділення, у якому зерно підігрівають до температури 40...60 °С, сушильне відділення, в якому підсушування зерна гарячим повітрям з температурою 70...80 °С з нього “знімають” поверхневу вологу, та нижнє трисекційне нагрівальне відділення з радіаторами підігріву, де здійснюється основний процес кондиціонування зерна – нерозподіл вологи між різними частинами зернівок.

На промислових млинах застосовують швидкісне кондиціонування зерна парою за технологічною схемою (рис. 3.44). Починають обробку зерна парою в апараті АСК після якої здійснюють короткочасною витримкою нагрітого зерна в термокамері 2. Потім зерно інтенсивно охолоджують холодною водою в мийній машині 3. Заключним етапом швидкісного кондиціонування є “знімання” із зерна надлишкової поверхневої вологи сушінням у сушарці 4. У випадках пересушування зерна його зволожують і відволожують за схемою короткочасного коливного кондиціонування зерна.

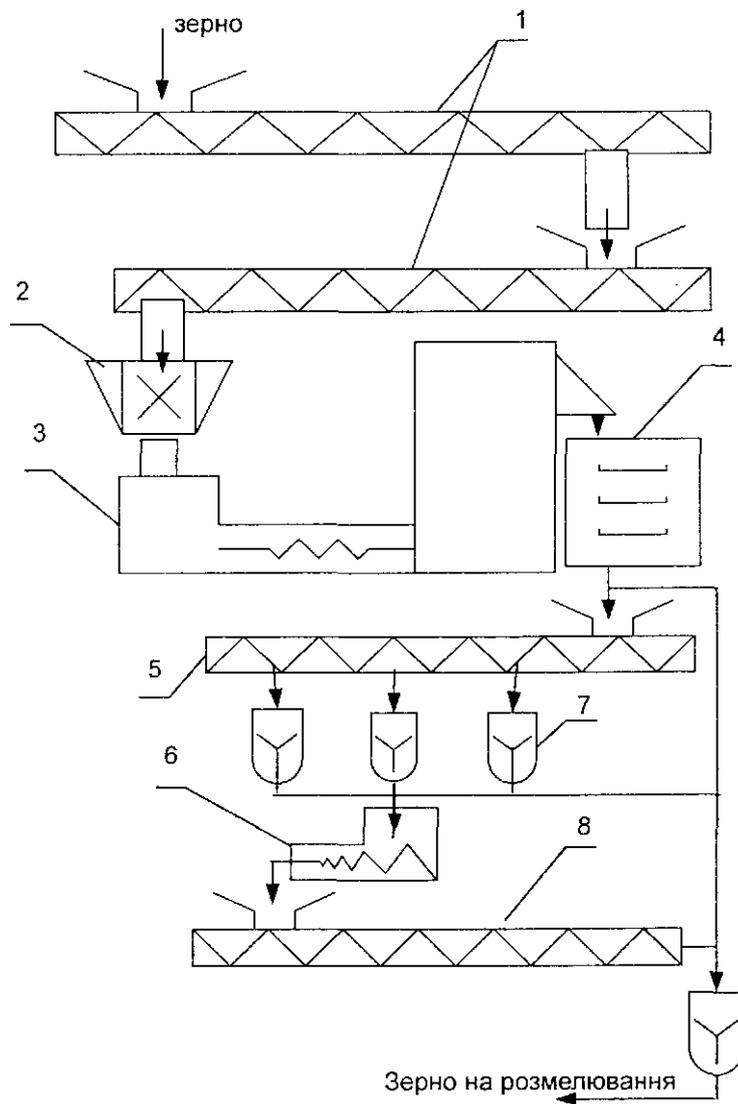


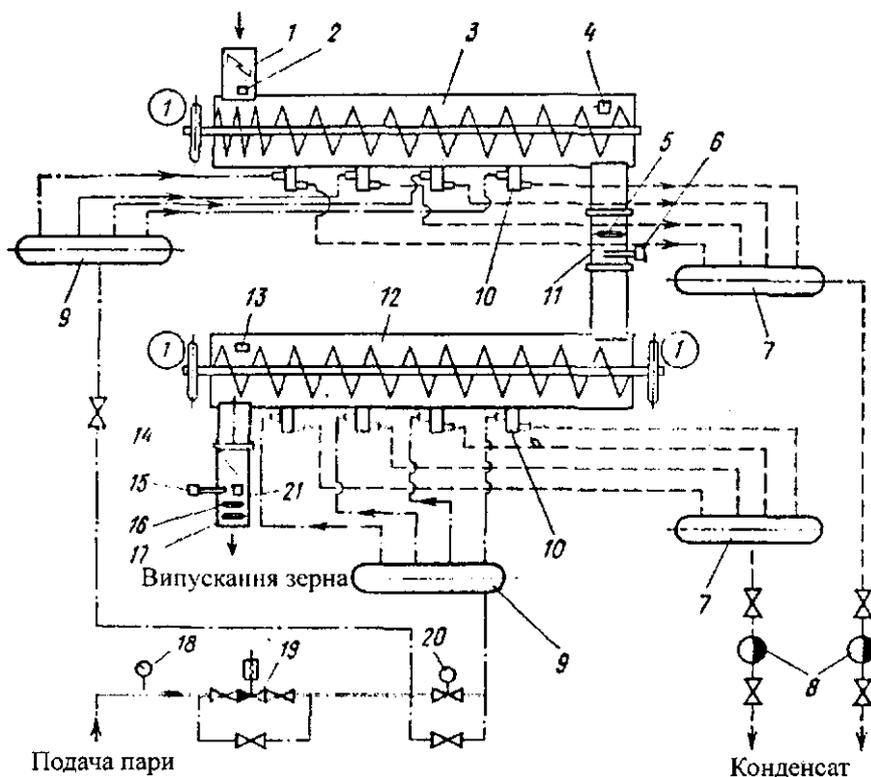
Рис. 3.44. Технологічна схема швидкісного кондиціонування зерна:  
 1 – зволожувач АСК; 2 – термокамера; 3 – мийна машина; 4 – сушарка;  
 5 – гвинтові зволожувачі; 6 – змішувач; 7 – бункер для відволоження

Швидкісне кондиціонування пшениці в порівнянні з холодним кондиціонуванням потребує набагато менше часу (приблизно 2,5...3 години проти 12...24 годин), однак є більш енергомістким. Важливим параметром процесу є гранична температура нагрівання зерна, що не повинна перевищувати 40...60 °С.

У результаті швидкісного кондиціонування збільшується вихід борошна високих сортів і поліпшується якість сортового борошна. Для швидкісного кондиціонування використовують апарати **АСК-5** і **АСК-10**, а для видалення поверхневої вологи – вологознімачі **В-5** і **В-10**.

**Апарат АСК** (рис. 3.45) – безперервної дії гвинтового типу, з автоматичною системою регулювання температури нагрівання зерна й автоматичною системою захисту від перевантаження. Він складається із нагрівального і контрольного гвинтів, основи з кожухом, контрольного і випускного патрубків, системи трубопроводів, конденсатовідвідників, пульта керування та сигналізації.

Обробка зерна в апараті **АСК** відбувається в такій послідовності. Зерно вологістю в межах базисної (13...14 %) надходить послідовно у нагрівальний 3, а потім у контрольний 12 шнеки, нагрівається та зволожується парою, яка подається форсунками 10. Температуру зерна в нагрівальному гвинті підтримують в межах 30...40 °С, а в контрольному шнеку – 40...60 °С в залежності від заданого теплового режиму. Зерно, що поступає в прийомний патрубок нагрівального гвинта, відхиляє заслінку і через важільно-кулачковий механізм переключає контакти кінцевого вимикача 2, встановленого у прийомному патрубку. При цьому розблоковується робота головного електромагніта соленоїдного вентиля 19. У нагрівальному гвинті зерно перемішується і транспортується до виходу лопатками гвинта. З нагрівального гвинта зерно по контрольному патрубку 11 повз вимірювальні перетворювачі 5 і 6 дистанційних термометрів надходить у контрольний гвинт 12. Потім воно проходить випускним патрубком повз вимірювальні перетворювачі 15 і 16 дистанційні термометри та вимірювального перетворювача регулятора температури 17 і відхиляє заслінку, що через важільно-кулачковий механізм перемикає контакти кінцевого вимикача 14, вмикаючи головний електромагніт соленоїдного вентиля, у результаті чого пара подається в шнеки форсунками. З цього моменту починається обробка зерна парою у шнеках.



**Рис. 3.45. Технологічна схема апарата АСК:**

- 1 – прийомний патрубок; 2, 4, 13, 14 – кінцеві вимикачі; 3 – нагрівальний гвинт; 5, 16 – вимірювальні перетворювачі манометричних електроконтактних термометрів; 6, 15 – вимірювані перетворювачі термометрів опору; 7 – колектор конденсату; 8 – конденсатовідвідник, 9 – колектор пари, 10 – форсунка; 11 – контрольний патрубок; 12 – контрольний гвинт; 17 – вимірювальний перетворювач автоматичного регулятора температури; 18 – манометр; 19 – вентиль з електромагнітним приводом; 20 – регулюючий клапан з виконавчим механізмом; 21 – випускний патрубок

### 3.3.2. 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. 3.46).

Після такої обробки поліпшуються технологічні властивості зерна, полегшується відділення оболонки від ядра під час лушення, 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. 3.20) досить різноманітні, їхній вибір залежить від властивостей зерна, асортименту продукції і від того, як впливають режими обробки на зміну зовнішнього вигляду крупи тощо.

*Пропарювання – сушіння – охолодження* застосовують для гречки, мінса і гороху. Особливість цього процесу – висока температура

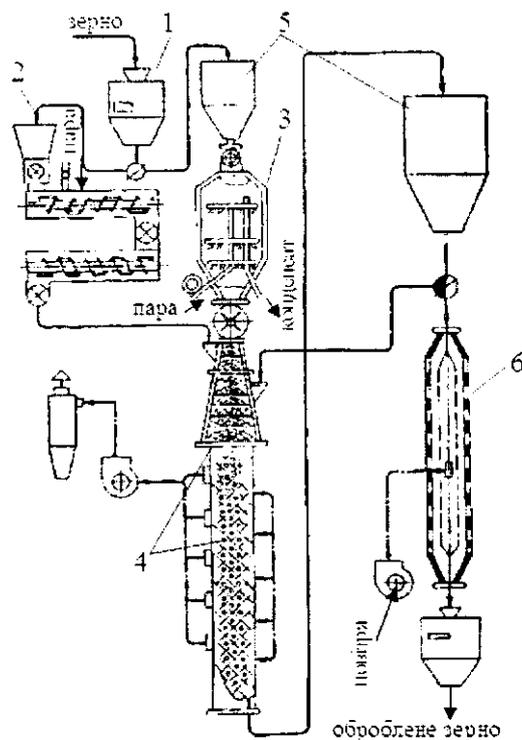


Рис. 3.46. Узагальнена функціональна схема ГТО зерна в круп'яному виробництві:

- 1 – дозатор зерна; 2 – пропарювач безперервної дії; 3 – пропарювач періодичної дії; 4 – сушарка; 5 – бункер-накопичувач;
- 6 – охолоджувальна колонка

Таблиця 3.20

## Режими гідротермічної обробки зерна

Культура	Тиск пари, МПа	Тривалість пропарювання, хв.	Вологість зерна, %	
			після пропарювання, хв.	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**

**Примітка.**

\* У чисельнику приведено вологість зерна призначеного для подальшої обробки луцильним поставом, у знаменнику – оббивальними і відцентровими луцильними машинами.

\*\* У виробництві шліфованої і дрібної крупи

нагрівання зерна (110...120 °С) під час пропарювання; він відбувається при надлишковому тиску пари. Зерно швидко і добре прогривається і зволожується; воно стає більш еластичним і менш крихким, тому менше дробиться під час луцення 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 обезводнює квіткові і плодові оболонки, вони стають більш крихкими і легше руйнуються під час луцення. Зміни в складових частинах зерна в процесі пропарювання, сушіння і охолодження приводять до зменшення енергомісткості подальших процесів оброблення зерна.

Для пропарювання зерна використовують спеціальні апарати - пропарювачі безперервної і періодичної дії. Серед пропарювачів безперервної дії найбільш поширені горизонтальні шнекові пропарювачі (рис. 3.47). Зерно через шлюзові затвори безперервно подається в шнек, пропарюється парою, яка надходить в робочий кожух шнека через патрубок 5. Шлюзові затвори 2, 4 забезпечують герметизацію пропарювача.

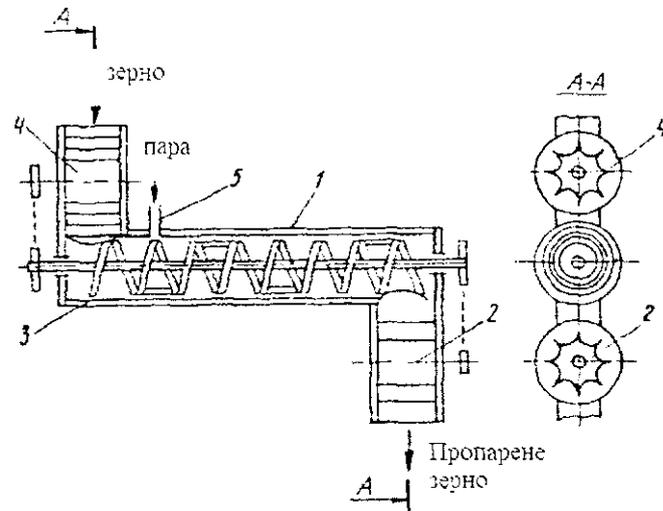


Рис. 3.47. Схема горизонтального шнекового пропарювача:  
1 – корпус; 2, 4 – шлюзові затвори; 3 – шнек; 5 – вхідний отвір для пари

Перевага гвинтового пропарювача – простота конструкції, висока продуктивність, рівномірна обробка зерна, недолік – неможливість пропарювання зерна при відносно високому тиску пари, тому що шлюзові затвори не забезпечують належної герметизації. Якщо необхідно пропарювати зерно при високому тиску пари, застосовують місткісні вертикальні пропарювачі періодичної та безперервної дії А9-БПБ-Ж, П1, ПЗ-1, ПЗ-2, ПР1-М, ПР-80, ПР-200 ПНД-350 іт.

Основними вузлами пропарювачів періодичної дії (рис. 3.48) є зварений із сталюого листа корпус 1 циліндричної форми посередині й формою зрізаного конуса нижньої частини.

Всередині корпусу розміщено зроблений з труб паровий барботер. Зверху і знизу до корпусу прикріплені впускний і випускний механізми, арматура для підведення пари і відведення конденсату, запобіжний і продувний клапани, манометр. Апарати поставляються з ручним, півавтоматичним і автоматичним управлінням робочим процесом (швантаження, пропарювання та вивантаження обробленого зерна).

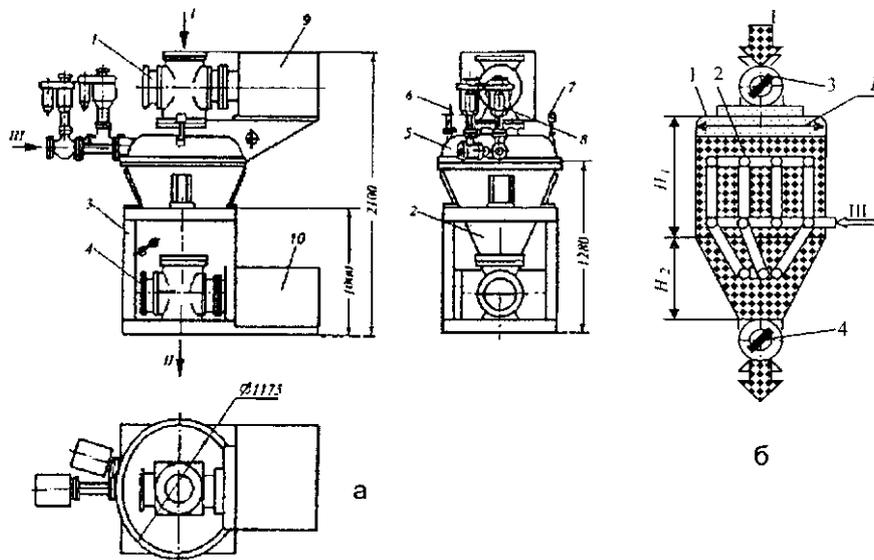


Рис. 3.48. Пропарювач періодичної дії:

- 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 – завантажувальний та розвантажувальний клапани; I – зерно на обробку; II – оброблене зерно;  
 III – пара

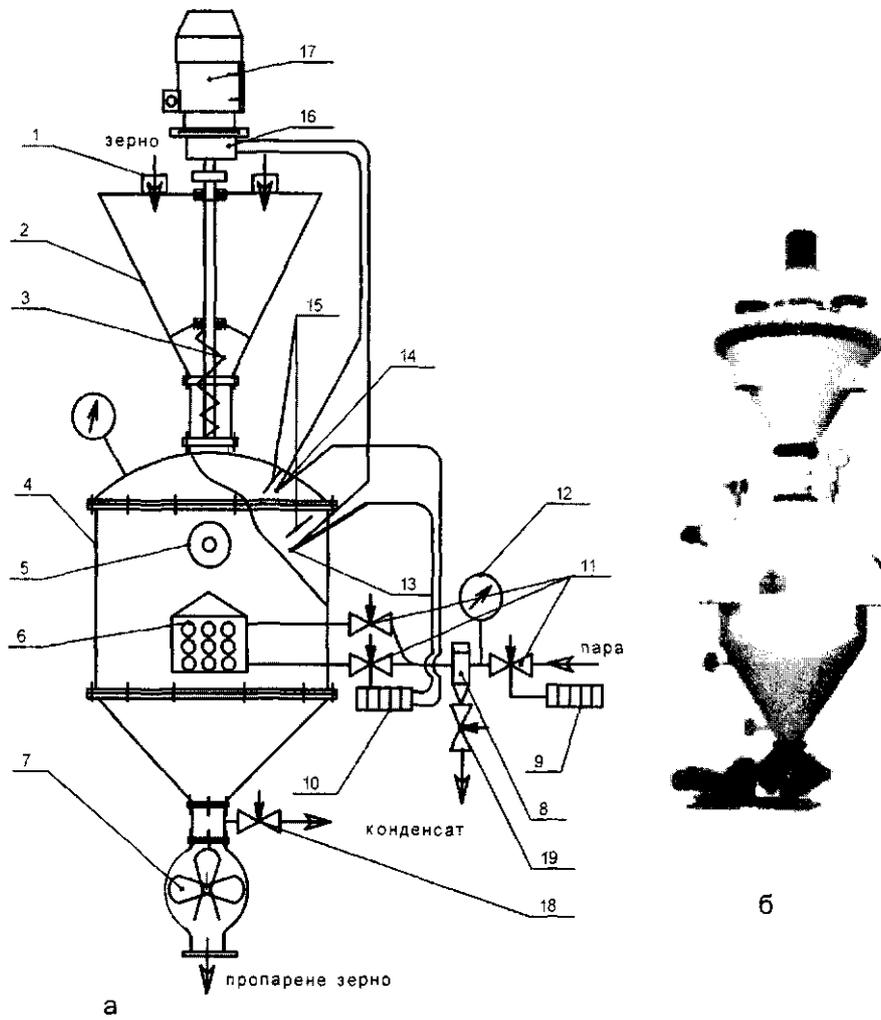
Основне їх технологічне призначення – пропарювання зерна круп'яних культур (гречки, вівса, ячменю, пшениці, гороху тощо) з метою поліпшення їх технологічних і споживчих властивостей. Їх також використовують для варіння зернових та інших продуктів. Робочий процес пропарювання зерна відбувається так. Заповнюють апарат зерном, закривають живильний клапан 3 (рис. 3.48, б) і подають пару в пропарювач, пропарюють зерно 4...6 хв. В кінці циклу пропарювання подачу пари припиняють, зменшують тиск в апараті до атмосферного. Оброблену порцію зерна вивантажують через клапан 4 розвантажувального пристрою.

Апарати ПЗ-1, ПЗ-2 для пропарювання зерна малої і середньої продуктивності з вертикальними робочими місткостями випускає НВО "АГРО-СИМО-МАШБУД". Пропарювач ПЗ-2 (рис. 3.49) – апарат безперервної, ПЗ-1 – періодичної дії. Вони різняться конструкцією завантажувального і розвантажувального механізмів, наявністю приймального бункера-накопичувача та системи автоматичного управління в апараті ПЗ-2, мають різну продуктивність (табл. 3.21).

Таблиця 3.21

Технічна характеристика пропарювачів зерна

Показники	Марка					
	ПР-80	ПР-200	ПНД-350	А9-БПБ-К	ПЗ-1	ПЗ-2
Принцип роботи	Періодичної дії місткісний	Періодичної дії місткісний	Безперервної дії шнековий	Періодичної дії місткісний	Періодичної дії місткісний	Безперервної дії місткісний
Продуктивність по гречці, т/год.	0,16	0,24	0,35...0,60	1,5...1,8	3,2...3,5	2,0...5,0
Витрати пари, кг/год.					600	250...600
Тиск пари, МПа		0,35	0,5	0,05...0,30	0,5	0,5
Місткість апарата, м <sup>3</sup> ; кг	80 кг	200 кг			0,9...1,0	0,9...1,0
Електродвигун, кВт:	0,25		1,5	2,0	2,0	7,5
Габаритні розміри, мм:						
довжина	600	1760	2700	2400	2100	1500
ширина	921	1040	750	1175		1200
висота	2674	2050	300	2100		2690
Маса, кг	320	500	330	1510	320	2200



**Рис. 3.49. Пропарювач ПЗ-2:**

а – конструктивна схема; б – загальний вигляд:

- 1 – розвантажувальний пристрій; 2 – опора; 3 – корпус; 4 – верхня кришка;
- 5 – вентиль; 6 – завантажувальний пристрій; 7 – бункер-накопичувач;
- 8 – манометр; 9 – мотор-редуктор; 10 – шлюзовий клапан; 11 – інсвмошток

Пропарювання зерна в пропарювачі ПЗ-2 здійснюється в такому порядку: через два симетричних патрубки 1 зерно подають в завантажувальний бункер 2, звідки воно вертикальним шнеком 3, подається до робочої камери пропарювача із заповненням до верхнього електричного вібраційного датчика рівня 15.

Після чого вертикальний шнек 3 відключають. Потім відкривають електрозаслінку 9 і пару із заданим тиском від паропроводу центральної магістралі направляють для очищення від крапель вологи в буферну парочисну посудину 8.

Потім через верхню сегментну частину посудини 8 пару подають в паророзподільний колектор 6. Регулюючим вентилем низького тиску 11 за шкалою манометра 12 встановлюють задане значення тиску пари і фіксують його (для вівса – (0,03...0,05) МПа; (для гороху (0,06..0,08) МПа); (для гречки – (0,08..0,1) МПа і т. д.).

Далі, відкривають електрозаслінку 10 до набору заданого тиску пари і фіксують цей тиск пари за шкалою манометра в залежності від виду культури яка обробляється (для вівса – 0,1 МПа; для гороху – (0,10...0,15) МПа; для гречки – (0,25...0,30) МПа і т.д.), після чого витримують експозицію пропарювання в межах (2,0...5,0) хв. Одночасно при подачі пари в паророзподільний колектор 6 відкривають пароредуктор 18 для викиду відпрацьованої пароконденсатної суміші в буферну пароакмулюючу посудину і теплообмінники за межами пропарювача. Випуск відпрацьованої пароконденсатної суміші з пароредуктора 18 забезпечує течію пари в міжзерновому просторі, що підвищує рівномірність обробки всього об'єму зерна і інтенсифікує процес тепломакообміну.

### Розрахунок пропарювачів періодичної дії

Продуктивність апарата періодичної дії  $Q$ , кг/год., визначають за формулою:

$$Q = \frac{60V \rho \varphi}{\tau_{\text{ц}}}, \quad (3.50)$$

де:  $V$  – об'єм робочої камери, м<sup>3</sup>;  $\rho$  – густина зерна, кг/м<sup>3</sup>;  $\varphi = 0,8$  – 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:  $D/H_1 = 0,8$ ;  $H_1/H_2 = 1,30 \dots 1,45$ .

Витрати пари, кг:

$$G = qQ,$$

де  $q = 0,25 \dots 0,30$  – питомі витрати пари, кг·год/кг.

### 3.3.3. 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 (вогнесві та парові жаровні з кількістю чанів від 3 до 6) і агрегатах з попереднім видаленням олії (форчани).

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 3.22.

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 жмиху (ракушки).

Таблиця 3.22

## Режим зволоження м'ятки

Олійна культура	Режим зволоження				
	Час 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. 3.23).

Для волого-теплової обробки м'ятки олійних культур використовують обладнання, що різняться способами нагріву, організацією робочого процесу, рівнем механізації, конструктивними вирішеннями (рис. 3.50).

Таблиця 3.23

## Режими жаріння (сушіння) м'ятки

Олійна культура	Параметри режиму жаріння		
	тривалість, хв.	температура, °С	кінцева вологість, %
Соняшник	35...40	110...125	5...5,8
Льон	30...40	100	5
Ріпак	40...45	100...105	5...6

У механізованих лініях малої продуктивності застосовують *блоки вогневих жаровень* (рис. 3.51, 3.52), *каскадні вогневі жаровні* (рис. 3.53) та *парові трьохчанні жаровні* (рис. 3.54), на промислових олійно-жироних заводах – *форчани* для попереднього пресування олії і *шестичанні жаровні*. При переробленні сої, деяких сортів ріпаку, олійноєфірних



Рис. 3.50. Класифікація обладнання для волого-теплової обробки м'ятки

культур, що містять шкідливі петермостійкі речовини, їх обробляють парою в шнскових активаторах.

Блок вогневих жаровень являє агрегат (рис. 3.51, а), до складу якого входять дві або три печі 2 з жаровнею 1 на кожній. Жаровня складається із чана 6, впускного і випускного патрубків і мішалки 8 з проводом. Блоками жаровень комплектують лінії з гідравлічними пресами.

Блок жаровень (рис. 3.52, а) складається із змонтованих на печах 2 двох одночаних жаровень 1, загального колектора 3 з димоходом 4. Чан 5 жаровні (рис. 3.51, б) зварений зі сталюого 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 шибер-

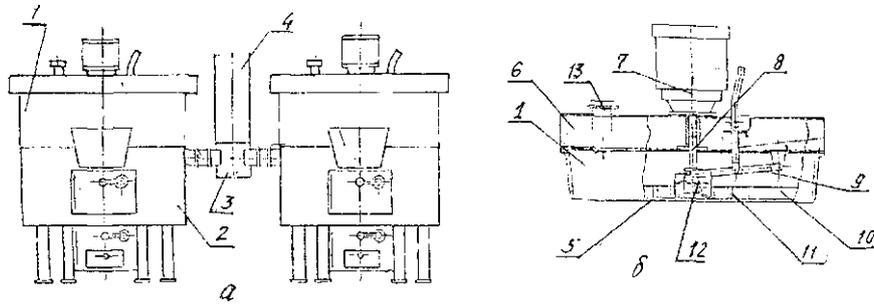


Рис. 3.51. Загальний вигляд блока вогневих жаровень (а)  
і конструкція жаровні (б):

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 – лопата вивантажувального пристрою; 12 – муфта;  
13 – патрубок

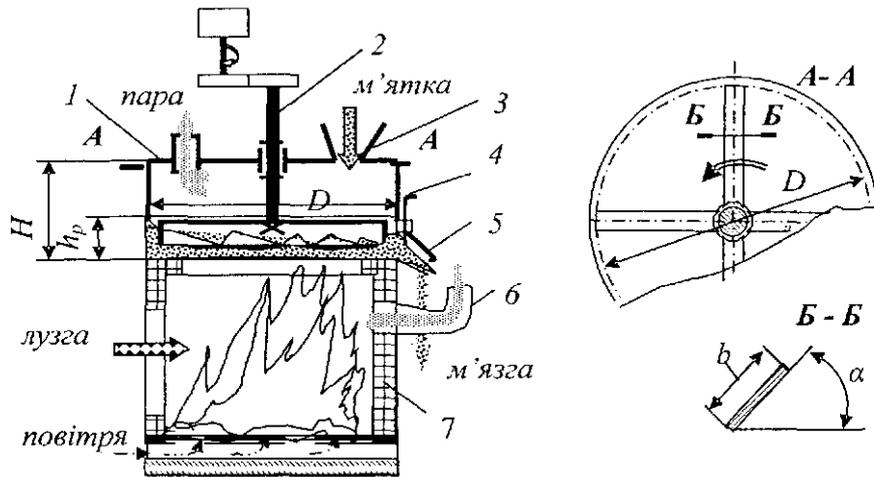


Рис. 3.52. Функціональна схема вогневої жаровні:

1 – чан; 2 – мішалка; 3, 5 – завантажувальний та вивантажувальний  
патрубки; 4 – заслінка; 6 – димова труба; 7 – піч

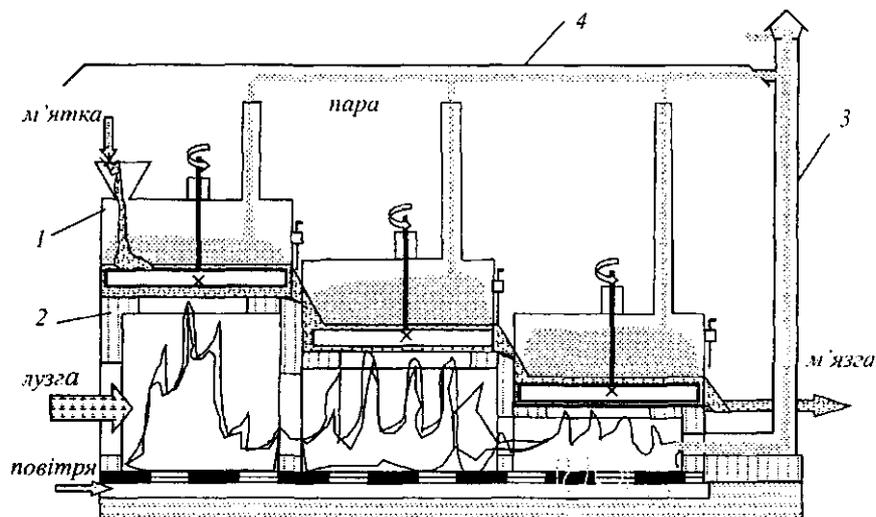


Рис. 3.53. Функціональна схема каскадної жаровні:

1 – блок жаровні; 2 – піч; 3 – димова труба; 4 – ковпак витяжного пристрою

ною заслінкою для вивантаження піджареної м'язги спеціальними лопатями 11 вивантажувального пристрою мішалки.

Механізм вигрузки 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 вгору 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.

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 неперервно перемішується, рівномірно нагрівається і

пропарюється. На проязі 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) роблять до вологості м'ятки не вищої 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 чана, для чого відкривають заслінку і включають в роботу механізм вивантажування (муфту 12 з лопатями 11 переводять в нижнє положення до зчеплення муфти з валом мішалки).

Каскадними жаровнями (рис. 3.53) комплектують потокові лінії малої продуктивності із шнековим пресом. Вона складається з трьох однакових вогневих жаровень 1, спільної печі 2 з димоходом 3 і витяжним ковпаком 4. Конструкція жаровень 1 аналогічна конструкції блочної жаровні (рис. 3.51). 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. 3.54, 3.55) є найбільш досконалими апаратами для волого-теплової обробки м'ятки. У них забезпечується автоматичне регулювання технологічного процесу.

Трьохчання жаровня (рис. 3.54) складається із змонтованих один над одним циліндричних чанів 2, в дні 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. В кришці верхнього чана 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 паророзподільних труб (на рисунку не показані), випарювана волога з чанів відводиться через трубу 5.

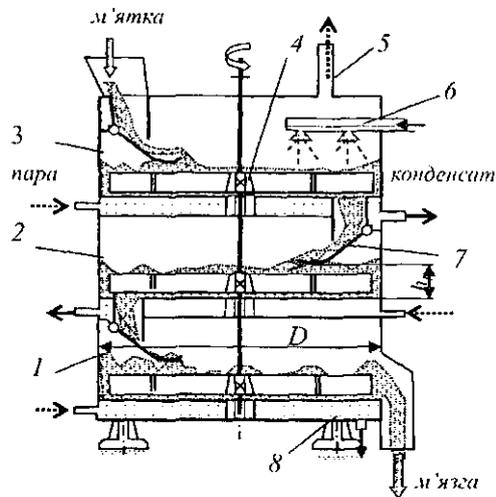


Рис. 3.54. Функціональна схема трьохчаної парової жаровні:

- 1, 2, 3 – чани; 4 – мішалка; 5 – труба для відведення випарюваної вологи; 6 – колектор; 7 – клапан перепускний; 8 – порожнисте днище

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.

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  $G_m$ , кг, яка є в одному чані, визначають за формулою:

$$G_m = \frac{Q_m \tau_m}{60n_c}, \quad (3.51)$$

Шестичанні жаровні (рис. 3.55) мають ідентичну будову з трьохчаною 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,

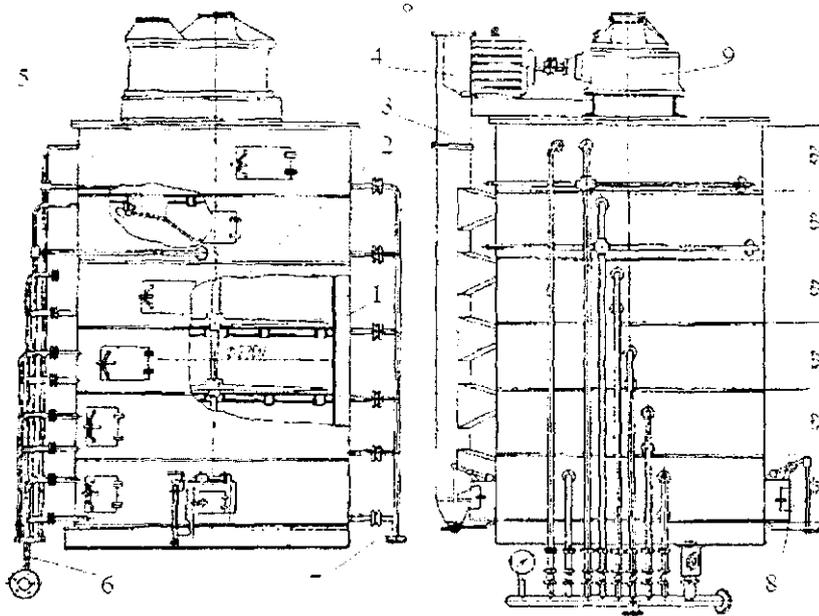


Рис. 3.55. Шестичанна жаровня Ж-6:

1 – чан; 2 – мішалка; 3 – витяжна труба; 4 – привод мішалки; 5 – клапан  
Лінка; 6 – паропідвідний колектор; 7 – конденсатор-відвідник;  
8, 9 – вивантажувальний і завантажувальний патрубок

де:  $Q_m$  – продуктивність жаровні по м'ятці, кг/год.;  $\tau_m = 45$  – час  
обробки м'ятки, хв.;  $n_g$  – кількість блоків (згідно з рекомендаціями  
 $n = 3$ ).

Робочу місткість чана розраховують за виразом

$$V_p = G_m / \rho, \quad (3.52)$$

де  $\rho$  – густина м'ятки, кг/м<sup>3</sup>.

Діаметр чана визначають з умови, м,

$$V_p = 0,25\pi D^2 h_p, \quad (3.53)$$

де:  $D$  – діаметр чана, м;  $h_p = 0,2 \dots 0,3$  – висота шару м'ятки в чані, м.

Таблиця 3.24

## Технічна характеристика обладнання для ВТО с.-г. призначення

№ п/п	Показники	Характеристика або числове значення		
		блок жаровень	каскадна жаровня	парови жаровня
1	Продуктивність, кг/год.	215	350	350
2	Число чанів	2	3	3
3	Сумарна потужність електроприводу мішалок, кВт	2,2	2,2	2,2
4	Мотор-редуктор ЗМП-31, 5-71-145-320 УЗ-89: – число обертів вихідного вала, об/хв. – число обертів мішалки, об/хв.	71 71	71 71	71 71
5.	Температура димових газів при вході в димову трубу, °С	120–140	120–140	
6	Види палива	тверде (лузга)	тверде (лузга)	газ, мазут
7	Тиск пари в паровій сорочці, МПа	–	–	0,25-0,3
8	Обслуговуючий персонал, чол.	1	1	1
9	Габаритні розміри, мм – довжина – ширина – висота	25530 1115 1625	3100 1450 2600	1200 1920
10	Маса, кг	530	800	1000

Висота жаровні  $H = (1,6... 2,0) D$ .

Кутову швидкість обертання мішалки  $\omega$ , рад/с, визначають з умови досягнення відриву м'ятки на краю лопаті:

$$\omega = \sqrt{\frac{gf}{0,43D_x}}, \quad (3.54)$$

де:  $f = 0,40$  – коефіцієнт тертя м'ятки по лопаті;  $D_x$  – діаметр лопаті, м:

$$D_x = D - 2\Delta, \quad (3.55)$$

де  $\Delta = 0,002$  – зазор між лопаткою і стінкою чана, м.

Потужність для приведення в дію мішалки  $N$ , кВт, визначають за емпіричною формулою:

$$N = z_q \cdot \rho \cdot (0,523 \cdot \sqrt{n-1}) \cdot n \cdot l^{3,1} \cdot h_p^{2,25} \times \\ \times z \cdot b \cdot \sin \alpha \cdot (0,11 - 0,16 \cdot 10^{-5} \cdot \tau_{ж}) \cdot e_s, \quad (3.56)$$

де:  $z_q = 1 \dots 5$  – кількість чанів, шт.;  $n$  – частота обертання вала мішалки, об/хв.;  $l$  – довжина лопаті (ножа), м;  $l = D_s / 2$ ;  $h_p = 0,30$  – висота шару м'ятки, м;  $z$  – кількість лопатей (конструктивно беруть  $z = 4$ );  $b = 0,08$  – ширина лопаті, м;  $\alpha = 45^\circ$  – кут атаки, град;  $\tau_{ж} = 2700$  – час жаріння, с;  $e_s$  – коефіцієнт форми лопаті (для прямокутної  $e_s = 1,00$ , зі змінним кутом нахилу  $e_s = 0,75$ ).

**Гвинтові інактиватори** (рис. 3.56) застосовують в олійному виробництві для пропарювання м'ятки перед пресуванням форпресами та в лініях переробки сої на кормові і 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

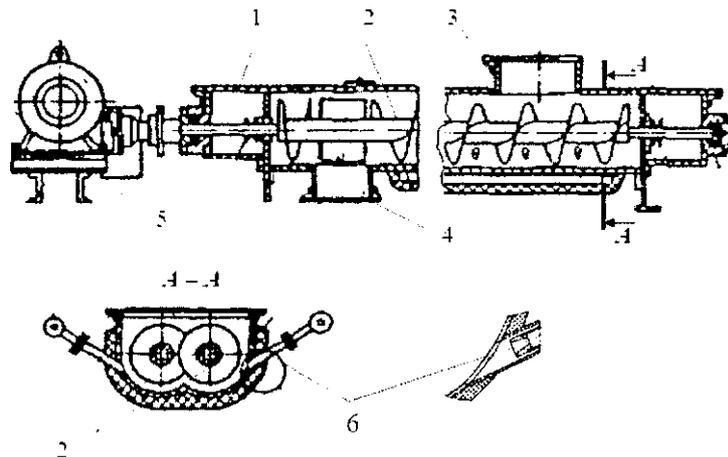


Рис. 3.56. Шнековий інактиватор:

1 – кожух; 2 – гвинт; 3, 4 – вхідний і вихідний патрубки; 5 – привод;  
6 – форсунка

напрямок і знаходяться в зчепленому стані. Під час роботи гвинтів їх витки добре самоочищаються від налиплиго 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.

Під час роботи апарата м'ятка через живильний патрубок 3 у верхній частині кожуха безперервно подається в інактиватор, де паром гвинтів переміщується і транспортується до вихідного патрубку 4. На своєму шляху м'ятка обробляється струменями гострої водяної пари, що виходять із форсунок. Кількість пари регулюють за допомогою вентилів в залежності від подачі м'ятки в апарат. Температуру пари на вході

Таблиця 3.25

**Технічна характеристика інактиваторів**

Показники	Продуктивність, тонн/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

в 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. 3.25).

Для інактивації сої в с.-г. переробних виробництвах застосовують гвинтові пропарювачі зерна (див. рис. 3.43).

### Запитання для самоперевірки

1. Які способи очищення зерна від домішок використовують у виробництві?
2. Як працюють ситові сепаратори?
3. Який принцип дії повітряних сепараторів?
4. Як працюють повітряноситові сепаратори?
5. Від яких геометричних параметрів залежить продуктивність ситового сепаратора?
6. Яка фізична суть показника кінематичного режиму коливань плоских сит сепаратора зерна?
7. Який принцип дії каменевідбірної машини РЗ-БКТ?
8. Як працюють магнітні сепаратори?
9. Як впливає товщина шару зерна на ефективність виділення феродомішки і продуктивність магнітного сепаратора?
10. Для чого застосовують оббивальні машини?
11. Від яких умов залежить частота обертання ротора оббивальної машини?
12. Від яких геометричних параметрів робочих органів залежить продуктивність оббивальної машини?
13. Для чого застосовують щіткові машини?
14. В якій технологічній послідовності розміщують оббивальні і щіткові машини в підготовчому відділенні млина?
15. Призначення зернових мийних машин.
16. Який принцип дії мийних машин?
17. Для чого виконують гідротермічну обробку зерна на млинах?
18. Яке обладнання застосовують для холодного кондиціонування зерна?
19. Від яких геометричних параметрів залежить продуктивність шнекового зволожувача зерна?

20. За яких міркувань вибирають ємність бака для води і бункерів відволожування зерна для холодного кондиціювання зерна?
21. Для чого виконують швидкісне кондиціювання зерна?
22. Для чого виконують гідротермічну обробку зерна при виготовленні крупи гречаної ядриці?
23. Яке обладнання застосовують для гідротермічної обробки гречки при виготовленні крупи гречаної ядриці?
24. Від яких геометричних параметрів залежить продуктивність пропарювачів зерна періодичної дії?
25. Для чого виконують волого-теплову обробку м'ятки в олійному виробництві?
26. Яке обладнання застосовують для волого-теплової обробки м'ятки?
27. Як працює блок вогневих жаровень?
28. Як працює каскадна вогнева жаровня?
29. Як працює парова жаровня?
30. Від яких параметрів залежить продуктивність парової жаровні?
31. Для чого застосовують гвинтові інактиватори?
32. Як працює гвинтовий інактиватор?

## **4. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ І ЗАВЕРШАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ**

### **4.1. Машини для лущення, шліфування і полірування**

#### **4.1.1. Класифікація лущильних машин**

Лущення зерна є основною технологічною операцією при виготовленні крупи ядриці з круп'яних та злакових культур. Зерно також лущать (шеретують) на сучасних жорнових млинах перед розмелюванням на борошно, при переробці сої на харчові цілі. Обрушують (лущать) насіння соняшника та деяких інших олійних культур в олійному і кондитерських виробництвах. Для лущення зерна застосовують різні типи лущильних машини з дією робочих органів на зерно ударом, стиском, зсувом, тертям зерна об робочі органи і між собою, комбінаціями перелічених дій. Така різноманітність дій і конструкцій лущильних машин обумовлена тим, що круп'яні культури суттєво відрізняються між собою за анатомічною будовою, по міцності зв'язків оболонки з ядром, структурно-механічними властивостями. Тому для ефективного лущення кожної культури необхідно застосовувати певну механічну дію на зерно, яка викликає в плівках такі деформації, в результаті яких вони відокремлюються від ядра при мінімальному його пошкодженні. Лущильні машини розділяють на групи і підгрупи за способом дії робочих органів на зерно, різновидністю будови робочих органів та за призначенням.

До першої групи відносять машини в яких зерно піддають лущенню зусиллям стиску, зсуву і тертя в зазорі між торцевими поверхнями двох дисків (лущильні постави, рис. 4.1, 4.3), між валком і нерухомою декою (вальцедекові верстати, рис. 4.4, 4.6–4.12) або між обгумованими вальцями (вальцьовий верстат, рис. 4.13–4.17). Відмінність цих машин полягає в траєкторії руху зернівок при лущенні і часу дії зусиль на них, загальною властивістю – лущення зерна за рахунок взаємодії зернівок з робочими органами (зовнішнє тертя, стиск, зсув) в шарі, товщина якого дорівнює характерному розміру зернівки. Основне технологічне

регулювання цих машин – величина зазору між робочими органами, яка приймається меншою від характерного розміру зернівки на величину товщини оболонки (плівки). Необхідною умовою організації технологічного процесу лущення зерна такими машинами є сортування зерна на фракції за розмірами перед лущенням і пофракційне лущення. В машинах цієї групи обробляють зерно гречки, проса, рису, вівса.

До другої групи відносяться лущильно-шліфувальні машини (рис. 4.18–4.24), в яких зерно лущиться тертям зерна об робочі органи та між собою. Товщина шару зерна одночасно оброблюваного лущильно-шліфувальною машиною може бути в межах 15...20 мм, тому не має потреби попередньо сортувати зерно на фракції за розмірами. В лущильно-шліфувальних машинах обробляють зерно злакових культур, гороху, сої.

До третьої групи відносяться лущильні машини ударної дії робочих органів на оброблюване зерно. Ними лущать насіння соняшника (насіннерушильні машини, рис. 4.25 і 4.29) та деякі круп'яні культури (оббивні машини (рис. 3.29–3.34)).

Технологічну ефективність роботи лущильних машин оцінюють такими критеріями:

– узагальненим коефіцієнтом технологічної ефективності лущильної машини  $E_{л}$ :

$$E_{л} = K_{л} \cdot K_{цж}, \quad (4.1)$$

де:  $K_{л}$ ,  $K_{цж}$ , – коефіцієнти лущення, цілісності ядра, які визначаються за формулами:

$$K_{л} = \frac{H_1 - H_2}{H_1}, \quad K_{цж} = \frac{\Delta k}{\Delta k + \Delta d + \Delta m}, \quad (4.2)$$

де:  $H_1$  – вміст в зерні не лущених зернівок на вході в машину;

$H_2$  – вміст не лущеного зерна в продукті на виході із машини;

$\Delta k$ ,  $\Delta d$  – кількість цілого і подрібненого зерна, отриманого в процесі лущення;

$\Delta m$  – кількість борошненця (олійного пилу) отриманого в процесі лущення.

Для додаткової оцінки ефективності робочого процесу лущення використовується коефіцієнт пилоутворення  $K_{ny}$ , який характеризує втрати готової продукції, зменшення її виходу:

$$K_{ny} = \frac{\Delta m}{\Delta k + \Delta d + \Delta m} \quad (4.3)$$

Енергомісткість процесу лущення  $\bar{K}_E$  визначається за формулою:

$$\bar{K}_E = \frac{A_i}{\Delta M}, \quad (4.4)$$

де:  $A_i$  – витрати енергії за час роботи лущильної машини, кВт·год.;  
 $\Delta M$  – маса переробленого продукту за цей самий час, т.

#### 4.1.2. Луцильні посади

Найбільш розповсюджені луцильні посади з нижнім бігуном (перша підгрупа), що має вертикальну вісь, на якій обертається абразивний диск, та паралельний нижньому нерухомий абразивний диск (рис. 4.1). Продукт подається через отвір, зроблений у центрі верхнього диску, переміщається в зазорі між абразивними дисками по складній траєкторії у вигляді спіралі і викидається у вивідний патрубок з допомогою лопаток, прикріплених на нижньому диску. В залежності від фізикотехнологічних властивостей перероблюваної культури, торцева поверхня дисків луцильного жорнового поставу може бути абразивною, обгумованою чи комбінованою. Лущення зерна забезпечується силами тертя і стиску. Відцентрова сила, що діє на зерно забезпечує підносний рух зерна в міждисковому просторі поставу.

Луцильними посадами (поставами) обладнані старі підприємства переробної промисловості, де йде переробка рису, вівса. Раніше вони застосовувалися для лущення гречки. В сучасних лініях сільськогосподарського призначення вони застосовуються для лущення гречки і проса. Недоліком жорнових постав з жорсткими абразивними дисками (каменями) є залежність показників технологічного процесу від величини зазору і вирівняності фракцій зерна. Цих недоліків не має конструкція поставу з комбінованою торцевою поверхнею дисків з еластичною основою, що зображена на рисунку 4.2. Диски встановлені

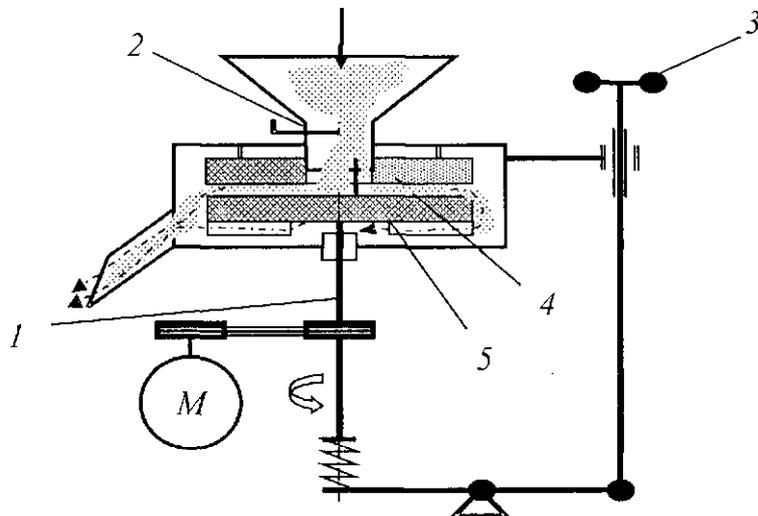


Рис. 4.1. Схема лущильного посаду:

1 – вертикальний вал; 2 – живильний пристрій; 3 – механізм регулювання робочого зазору; 4, 5 – робочі диски

один відносно одного із зазором і складаються із жорсткої основи 1, шару 2 еластичного матеріалу, робочого шару 3, виготовленого у вигляді металевій зв'язки із закріпленими на ній абразивними частинками 4. При цьому шар 3 металевій зв'язки виконаний дискретним у вигляді ромбів розміщених рядами. Застосування комбінованих поверхонь із еластичними прошарками робочих дисків робить їх менш чутливими до неточності регулювання зазору і невирівняності

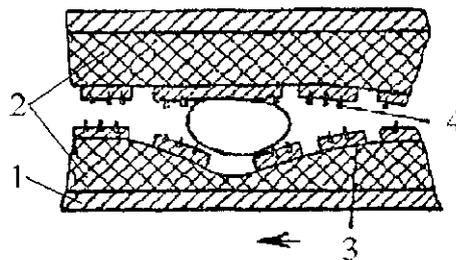


Рис. 4.2. Варіант комбінованої торцевої поверхні дисків лущильного жорнового посаду:

1 – жорстка основа; 2 – шар еластичного матеріалу; 3 – робочий шар; 4 – абразивні частинки

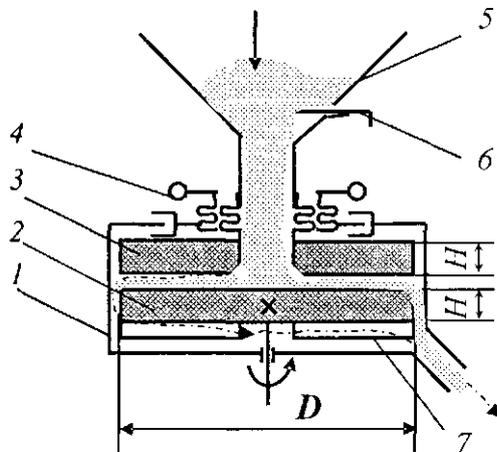


Рис. 4.3. Схема лущильного посаду:

- 1 – корпус; 2 – диск приводний; 3 – перухомий диск; 4 – гвинтовий механізм;  
5 – бункер; 6 – заслінка; 7 – лопать

фракцій зерна за розмірами, збільшує вихід цілого ядра, підвищуючи тим самим технологічну ефективність процесу лущення, проте ускладнює технологію виготовлення, зменшує термін служби дисків та робить машину більш дорогою. Конструкція (рис. 4.2) не застосовується на практиці. В теперішній час жорнові посади, незважаючи на їх недоліки, набули широкого розповсюдження в сільськогосподарських переробних виробництвах завдяки їх універсальності. Перспек-

тивними конструкціями жорнових посадів є ті, що мають можливість переробляти декілька видів сировини на декілька видів продукції. Тому для потреб фермерських господарств заводом "Томак", м. Київ, створена конструкція лущильного постапу (рис. 4.3) із змінними робочими дисками 2 і 3, призначеними для лущення зерна на крупу і подрібнення на дерть. В комплекті крупорушки для лущення гречки і проса передбачені диски, один з яких абразивний, а другий обгумований і металеві диски з рифленими робочими поверхнями для розмелювання зерна на дерть. Застосування змінних робочих органів у постапі збільшує номенклатуру вироблюваної та підвищує якість продукції, здешевлює переналадку виробництва однієї крупи на іншу, робить її швидкою, що в умовах виробника сільськогосподарської продукції має важливе значення.

Продуктивність лущильного посаду  $Q$ , кг/год., розраховують за емпіричною формулою:

$$Q = 900q_0 \frac{D^2 v (k-1)}{k^3}, \quad (4.1)$$

де:  $q_0$  – питоме навантаження на 1 м<sup>2</sup> площі робочого поля диска, кг/м<sup>2</sup> (табл. 1.4);  $D$  – зовнішній діаметр диска, м;  $v = 9,5...22,0$  – колова швидкість диска, м/с;  $k = 1,5... 2,3$  – коефіцієнт, який дорівнює  $D/d$ . ( $d$  – мінімальний діаметр робочого поля диска).

Таблиця 4.1

Питоме навантаження на робочий диск, кг/ м<sup>2</sup>

Культура	$q_0$
Гречка	1,45
Просо	1,00
Овес	1,2

Із формули (4.1) визначають діаметр диска, м

$$D = \sqrt{\frac{2Qk^3}{900q_0v(k-1)}}. \quad (4.2)$$

Розрахунковий діаметр  $D$  округляють до стандартного розміру.  
Мінімальний діаметр, м,

$$d = D/k. \quad (4.3)$$

Висоту дисків  $H$ , м, конструктивно беруть у межах:

$$H = (0,05... 0,10) D. \quad (4.4)$$

Потужність для приведення робочого диска в рух  $N$ , кВт, визначають за емпіричною формулою:

$$N = A Q v^2, \quad (4.5)$$

де  $A = 9,5 \cdot 10^{-5}$  – коефіцієнт.

#### 4.1.3. Вальцедекові лушильні верстати

Вальцедекові верстати застосовують для лушення гречки і проса при виготовленні крупи-ядриці та пшона. Вони бувають з однією (рис. 4.4) і двома (рис. 4.5) деками. У вальцедековому верстаті (рис. 4.4) зерно піддається лущенню між двома робочими органами: абразивним (виготовленим із піщаника) вальцем I, що обертається, і нерухомо закріпленою

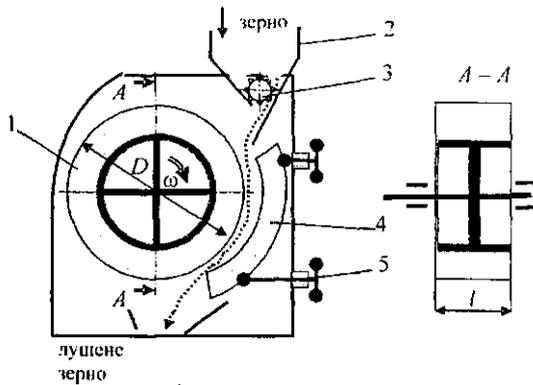


Рис. 4.4. Схема вальцедекового лушильного верстага:

- 1 - валок; 2 - бункер; 3 - валок живильний;  
4 - дека; 5 - механізм регулювання деки

декою 4, прилягаючою до робочого вальця з жорсткою (для гречки), або еластичною (для проса) поверхнею. Для інтенсифікації процесу лушення на вальцях і деці нарізають борізки.

Зерно захоплюється вальцями в робочу зону, що поступово звужується від місця приймання до виходу, і піддається дії комплексу зусиль – стиску і тертю. При цьому час дії на кожному зернівку

менший в порівнянні із часом дії в лушильних поставах, а траєкторія руху зернівок складає частину дуги кола. Однак при такому способі лушення не всі зерна, що знаходяться в робочій зоні, попадають в рівні умови, так як більш крупні піддаються більш інтенсивній силі дії з боку валка і деки, а мілкі проходять робочу зону і залишаються не лушеними. Кількість не лушених зерен різко зростає, якщо нанесені на шлиць і деку борізки стираються.

Це знижує пропускну здатність машини, збільшує вихід подрібнених зерен і борошениця, відповідно збільшуються втрати зерна і погіршується якість крупи.

Суттєвий вплив на технологічну ефективність процесу лушення має форма зазору між вальцем і декою в зоні лушення. Рациональною для лушення гречки є "серпоподібна", а для лушення проса – "клиноподібна" форма зазору (рис. 4.5).

Характерною особливістю серпоподібної форми (а) зазору є його найбільше зменшення від країв деки до її середини, де відстань між робочим вальцем і декою найменша, тобто  $\delta_1 > \delta_2 < \delta_3$ . Для клиноподібної форми (схема б) зазор плавно зменшується від верхнього краю деки (виходу зерна) до її нижнього краю ( $\delta_1 < \delta_2 < \delta_3$ ).

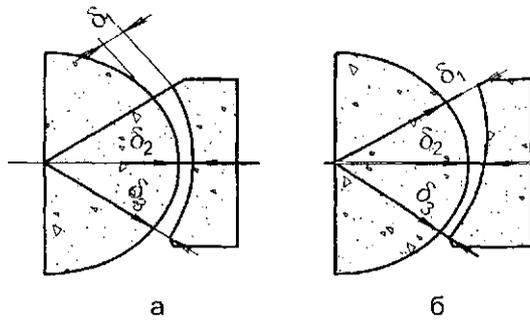


Рис. 4.5. Форма зазору між декою і вальцем:  
а – “серпоподібна”, б – “клиноподібна” форма  
зазору;  $\delta_i$  – зазор в  $i$ -му перерізі

Верстагами з однією декою комплектуються крупорушки малої та середньої продуктивності, вони мають схожу будову робочих органів і відрізняються механізмами регулювання зазору між ними. Застосовуються механізми регулювання (рис. 4.6) з поступальним рухом деки в двох взаємно перпендикулярних

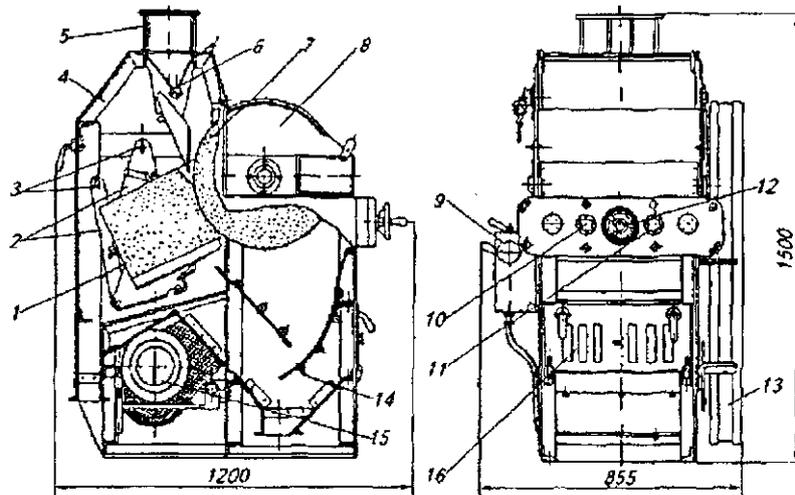
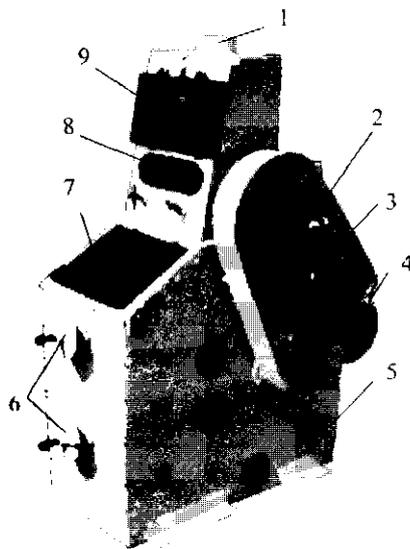


Рис. 4.6. Вальцедоковий верстат ЗМШ:  
1 – дека; 2 – підвіски деки; 3 – пальці підвісок; 4 – основа; 5 – приймальний патрубок; 6 – живильний механізм; 7 – робочий валець; 8 – кожух;  
9 – розподільний лоток; 10, 11 – гвинти для установки деки паралельно осі робочого вальця; 12 – маховичок для регулювання форми зазору;  
13 – огорожа клинопасової передачі; 14 – аспіраційна колонка;  
15 – приводний двигун; 16 – дверці

напрямах і поворотом її на деякий кут відносно вальця. Механізми дозволяють відповідними переміщеннями деки відносно вальця устатковувати необхідну величину і форму зазорів між робочими органами. Технічна характеристика серійних станків з однією декою наведена в таблиці 4.2.

**Вальцедековий верстат ЗМШ** (рис. 4.6) застосовують для лущення гречки і проса на невеликих круп'яних підприємствах. На зварній основі 4 верстата змонтовані змінні робочий валець 7 і дека 1, механізм живлення 6, привід 15, аспіраційна колонка 14, підвіски механізму регулювання зазору та допоміжні пристрої.



**Рис. 4.7. Вальцедековий верстат СГР-400:**

- 1 – приймальний патрубок;
- 2 – привід живильного механізму;
- 3 – огорожа; 4 – електродвигун;
- 5 – корпус; 6 – регулювальні механізми;
- 7 – люк; 8 – вікно оглядове; 9 – люк живильника

Зверху на станку встановлений приймальний патрубок 5, під яким розміщені живильний валковий механізм з регулювальною заслінкою. Робочий валець 7 зверху закритий знімним кожухом 8. До бічних стінок машини приварені пальці 3, на які надіті підвіски 2, до яких шарнірно кріплять деку 1. Зазор між робочим вальцем і декою регулюють спеціальними гвинтами 10 і 11, а маховичком 12 на передній стінці корпусу встановлюють потрібний кут нахилу деки. Для лущення гречки використовують абразивні (зроблені з піщаника) робочий валець і деку, а для лущення проса – корундовий барабан і обгумовану деку.

Привід машини здійснюється від електродвигуна 15 через клинопасову передачу 13, натяг якої роблять гвинтовим натяжним механізмом (поворотом плити з двигуном відносно основи машини).

**Вальцедекові верстати СГР-400, СГР-600** застосовують на круп'яних підприємствах невеликої потужності, виготовляють верстати – Хорольський механічний завод спільно з “Агросимомашбуд”. Верстати **СГР-400, СГР-600** відрізняються продуктивністю (див. табл. 4.2) і шириною деки: верстат **СГР-400** має деку шириною 400 мм, **СГР-600** – 600 мм. Основні вузли цих станків подібні до вузлів верстата **ЗМШ**. В конструкції верстата **СГР-400** (рис. 4.7) удосконалені приймальний і живильний механізми, привід живильного валка здійснюється ланцюговою передачею 2.

Живильник верстата оснащений магнітною колонкою, доступ до живильного валка і магнітів здійснюється через відкидні дверці 9.

Комплектні обладнання для крупорушок с.-г. призначення конструкції “Укрстанкінпром”, АТ “Бриг” оснащені вальцедековими верстатами типу **ЛПК**, які мають аналогічну конструкцію із верстатами **СГР**. Технічна характеристика верстатів **ЗМШ, СГР** і **ЛПК** наведена у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

**Технічна характеристика вальцедекових верстатів**

Показники					
	ЗМШ	ЛПК	СГР-400	СГР-600	2ДШС-ЗБ
Продуктивність, т/год.	1,0...1,4	0,8	1,2...2,2	1,8...2,3	5,5
Діаметр вальця, мм	500	450	600	600	
Довжина вальця, мм	250	300	400	600	
Потужність електроприводу, кВт	3,0	4,0	5,5	7,5	5,5
Число обертів вальця, об/хв.	560	575	400	400	
Габаритні розміри, мм:					
– довжина	1200	780	1400	1400	2160
– ширина	805	1600	680	880	1380
– висота	150	1874	1360	1360	1720
Маса, кг	570	700	900	1200	2220

Луцильний верстат 2ДШС-3 (рис. 4.8) застосовують для лушення проса і гречки. Верстати типу ДШС випускають у двох конструктивних виконаннях: 2ДШС-3А – для лушення проса (рис. 4.8, а); 2ДШС-3Б – гречки (рис. 4.8, б).

Для лушення проса використовують абразивний валок, набраний із чотирьох стандартних абразивних дисків, а для лушення гречки – валок зроблений з монолітного піщаника.

У станку встановлено дві деки – верхня і нижня. Зазор між валком і деками регулюють важільним механізмом з приводом від черв'ячного редуктора. Для лушення проса на деку ставлять набрану з гумових прокладок колодку, а для лушення гречки – абразивну накладку з піщанику.

Оболонки відділяються від зернівок механічною дією робочих органів в двох зонах лушення між деками і вальцем; загальна довжина зон лушення значно більша в порівнянні із зоною однодекового верстата; процес лушення відбувається при менших нормальних напругах тиску, тому вихід цілого ядра дещо більший в цих верстатах.

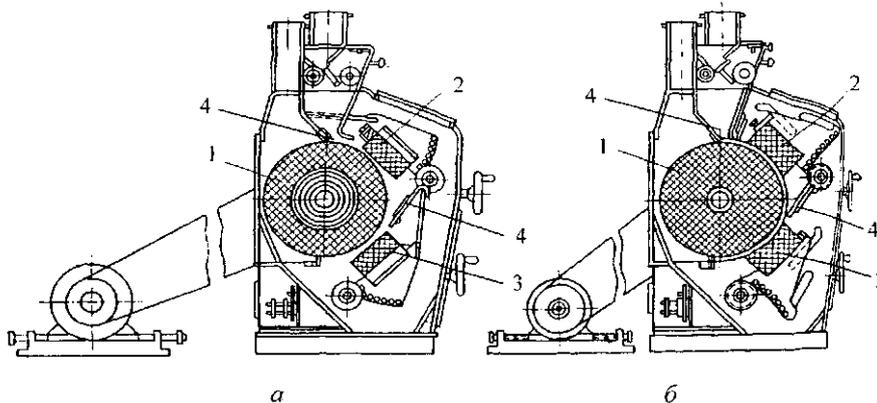
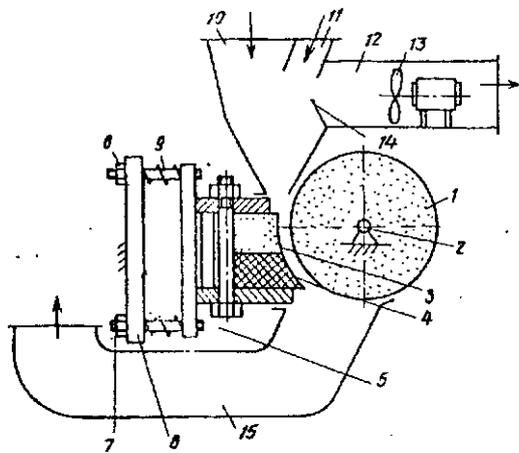


Рис. 4.8. Дводековий луцильний верстат типу 2ДШС-3:  
 а – налагоджений для лушення проса: 1 – абразивний валок;  
 2, 3 – обгумовані деки; 4 – направляючі лотки;  
 б – налагоджений для лушення гречки: 1 – абразивний валок;  
 2, 3 – абразивні деки; 4 – направляючі лотки



**Рис. 4.9. Конструктивна схема вальцедекового верстата із комбінованою декою:**

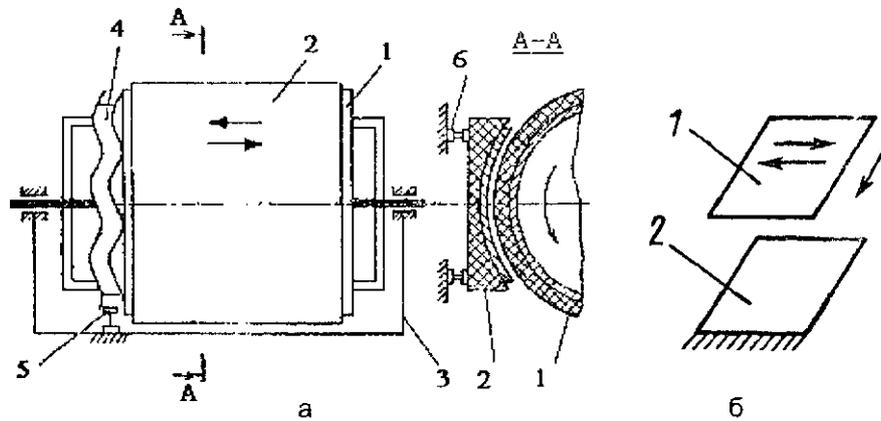
- 1 – абразивний валець; 2 – вал;  
 3, 4 – абразивна та гумова частини деки відповідно; 5 – корпус; 6, 7, 8, 9 – кріплення деки; 10 – завантажувальний бункер;  
 11 – патрубок вводу необробленого зерна;  
 13 – вентилятор

Добиваються збільшення виходу цілого ядра також за рахунок застосування комбінованої поверхні на деці і робочому вальці із абразиву та гуми (рис. 4.9). Це сприяє з одного боку, ефективному руйнуванню оболонок зерна в зоні лушення, а з іншого боку, створюється ощадливий режим дії на зерна в “обгумованій” зоні.

При попаданні зерна в зону обробки “абразив-абразив” відбувається двостороннє інтенсивне обтирання оболонки і підготовка зерна до лушення. В зоні “абразив – гума” відбувається інтенсивне лушення оболонки за рахунок частко-

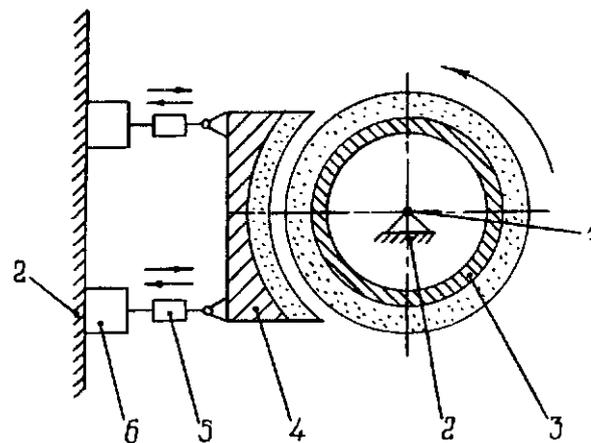
вого пружного вдавлювання в гуму, при якому відбувається зворотний тиск на грані оболонки і руйнування граней, що знаходяться в контакті із абразивом. При цьому облущене зерно (ядро) має лише односторонній контакт із абразивом і, відповідно, менше стирається. Розглянуте рішення не перевірене на практиці.

Перспективними є вальцедеккові верстати (рис. 4.10, 4.11), в яких, поряд із нормальними квазістатичними силами, діють динамічні сили стиску і зсуву, які циклічно змінюються за величиною або за напрямом дії декілька разів поки зерно знаходиться в робочій зоні лушення. Механізм збурення коливальний валка, який створює коливання вздовж його осі, складається із кругової синусоїдальної направляючої 4 і ролика 5, вісь якого жорстко зв’язана зі станиною. Дека 2, футерована



**Рис. 4.10. Вальцедековий верстат із вальцем, що здійснює осьові коливання вздовж осі:**

**а** – конструктивна схема; **б** – схема відносного руху робочих поверхнь верстата; 1 – робочий валок; 2 – дека; 3 – станина; 4 – синусоїдальна направляюча; 5 – ролик



**Рис. 4.11. Схема вальцедекового верстата із віброактивною декою:**

1 – підшипники; 2 – станина; 3 – валець; 4 – дека;  
5 – механізми регулювання робочого зазору; 6 – активні вібратори

еластичним матеріалом (гумою), нерухомо закріплена на станині через регулюючий пристрій 6 (стрілками на рис. 4.10,б показані додаткові осьові переміщення вальця). Варто чекати, що ефективність лушення цього пристрою буде вищою від звичайного вальцедекового верстата.

Верстат (рис. 4.11) з віброактивною декою відрізняється від верстата (рис. 4.10) тим, що вібрації деки направлені радіально відносно валка. Амплітуда коливань деки вибирається в межах 0,07...0,10 мм (половина товщини оболонки зернівки), частота коливань вибирається із умови реалізації 10–15 циклів навантажень зернівки за час її проходження робочої зони між вальцем і декою.

Робочий зазор між декою і абразивним вальцем встановлюється меншим на величину амплітуди коливань деки проти зазору із нерухомою декою. Описані способи лушення із застосуванням віброактивних робочих органів потребують експериментальної перевірки.

**Розрахунок вальцедекового верстата.** Продуктивність верстата  $Q$ , кг/год., розраховують за формулою:

$$Q = 3600 l \delta_{cp} v \rho k, \quad (4.6)$$

де:  $l$  – довжина робочого вальця, м;  $\delta_{cp} = 0.0018$  – середній зазор між вальцем і декою, м;  $v$  – швидкість руху зерна в робочій зоні, м/с (для проса  $v_{np} = 2,0...2,5$ , для гречки  $v_{gp} = 1,5... 2,0$ );  $\rho$  – густина зерна, кг/м<sup>3</sup> (для проса  $\rho_{np} = 700$ , для гречки 600);  $k$  – коефіцієнт заповнення робочої зони (для проса  $k = 0,5$ , для гречки  $k = 0,4$ ).

Із формули продуктивності (4.6) визначають довжину вальця (рис. 4.6), м,

$$l = \frac{Q}{3600 \delta_{cp} v \rho k}. \quad (4.7)$$

Діаметр вальця  $D$  і колову його швидкість  $v_k$  беруть у межах:

$$D = 0,4...0,6 \text{ м}; v_k = 12...15 \text{ м/с}.$$

Потужність, потрібна для приведення вальців у дію, складається з потужності для приведення в рух робочого та живильного вальців, кВт:

$$N = N_1 + N_2, \quad (4.8)$$

де  $N_1$  – потужність для приведення в дію робочого вальця, кВт:

$$N_1 = N_o Q, \quad (4.9)$$

де:  $N_o = 0,0034$  – питома потужність на лущення 1 кг зерна, кВт · год / кг,  $N_2$  – потужність для приведення в дію живильного вальця, кВт:  $N_2 = 0,15N_1$ .

Потужність двигуна для приведення верстата, кВт,

$$N_{дв} = 1,15 N_o Q / \eta_{мех}$$

де  $\eta_{мех}$  – коефіцієнт корисної дії приводу.

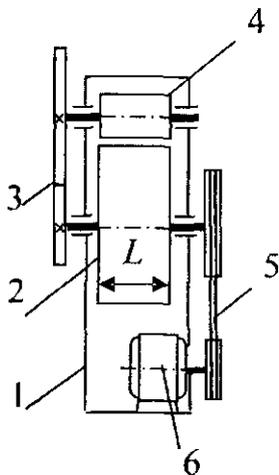


Рис. 4.12. Кінематична схема приведення верстата в дію:

1 – корпус; 2 – робочий валок; 3 – зубчаста передача; 4 – живильний валок; 5 – клинопасова передача; 6 – електродвигун

Визначають передаточне число приводу (рис. 4.12) і вибирають електродвигун за типовою методикою.

#### 4.1.4. Вальцьові луцильні верстати

Вальцьові верстати (рис. 4.13–4.17, табл. 4.3) застосовують для лущення преса і рису. Робочі валки покриті гумою, обертаються назустріч один одному з різною швидкістю. Верстати бувають з горизонтальним (рис. 4.13) та діагональним розміщенням робочих вальців. Вони складаються з корпусу, швидкохідного і тихохідного робочих вальців, живильника, механізму регулювання зазору між вальцями та приводу.

Зерно лущиться між циліндричними поверхнями еластичних валків, що обертаються назустріч один одному з різною швидкістю. Опори швидкохідного вальця жорстко закріплені на рамі машини, а тихохідного (на рисунку не показано) встановлені в напрямних корпусу, підпружинені і мають гвинтовий натяжний пристрій.

Колова швидкість швидкохідного вальця знаходиться в межах 9,0...13,0 м/с, а тихохідного – 6,0...9,0 м/с. Робочий зазор між вальцями встановлюють в межах 0,6...0,8 мм (він менший у 2...3 рази середніх розмірів фракції зерна, що лущать).

В круп'яних виробництвах поширені верстати А1-ЗРД-3, У1-БШВ, ГС А-10 та ін.

Верстат А1-ЗРД-3 (рис. 4.14) застосовують для лушення рису. Він складається з живильника, тихохідного і швидкохідного робочих вальців, корпусу, огороження й приводу. Особливістю верстата є застосування карданної передачі для приводу рухомого вальця, яка забезпечує його переміщення під час регулювання робочого зазору між вальцями і попаданні сторонніх предметів у зону лушення.

Робочий процес відбувається так. Очищене зерно через прийомний патрубкок подається в бункер живильника 1. З нього через щілину, утворену заслінкою і дном бункера, зерно направляється на лоток, відтіля у зазор між вальцями, які обертаються назустріч один одному з різною швидкістю. Під дією сил стиску і зсуву зернівки лушаться. Лушене зерно з вальців потрапляє в аспіраційний канал машини, де продувається повітрям, від нього відокремлюються пил, лузга, важкі фракції (лушене і нелушене зерно) падають вниз і виводяться з машини.

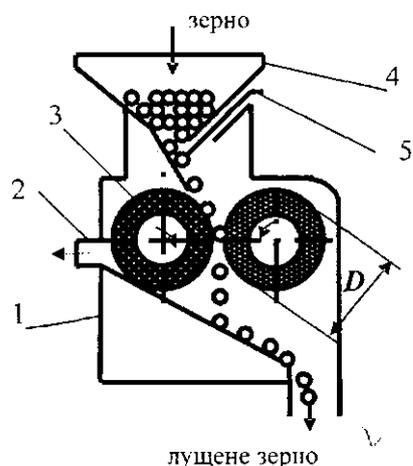


Рис. 4.13. Функціональна схема лушильного верстата з горизонтальними вальцями:  
1 – корпус; 2 – аспіраційний канал; 3 – робочий валок;  
4 – бункер; 5 – заслінка

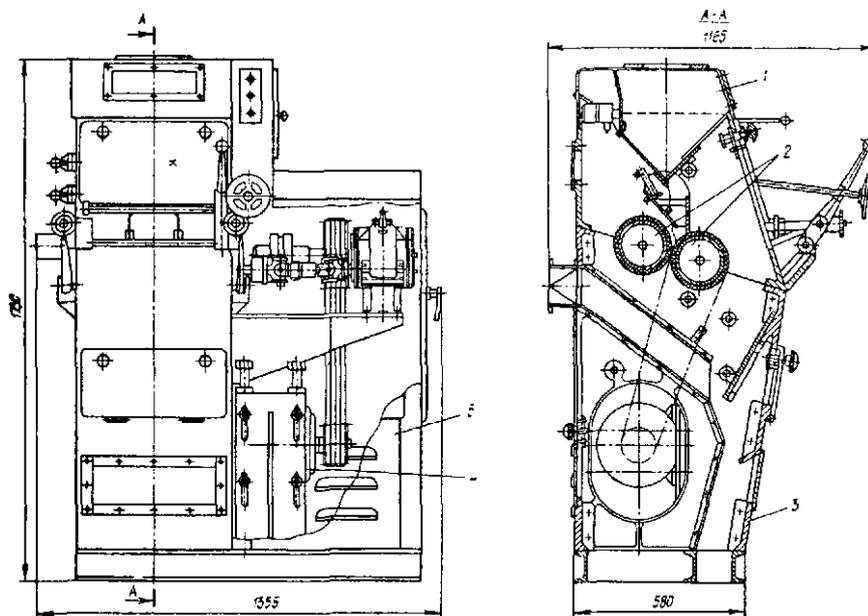


Рис. 4.14. Загальний вид верстата для луцення рису А1-ЗРД-3:  
 1 – живильник; 2 – тихохідний і швидкохідний валки; 3 – корпус;  
 4 – привід; 5 – огороження

Верстат має високу продуктивність і коефіцієнт луцення без істотного дроблення ядра. Недоліком гумового покриття робочих вальців є їхній швидкий знос, що не тільки вимагає частої заміни, але й ускладнює конструкцію міжвалкової передачі. За невеликий термін експлуатації гумові покриття вальців зношуються приблизно на 20 мм, тобто діаметр вальців зменшується з 200 до 180 мм, що не дозволяє використовувати пряму зубчасту передачу для приводу тихохідного вальця.

Верстат У1-БШВ (рис. 4.15) відрізняється від розглянутого (рис. 4.14) приводом, зробленого для кожного робочого вальця від індивідуального електродвигуна, причому двигун тихохідного вальця працює в режимі генератора. Зазор між вальцями встановлюється за допомогою притиснення тихохідного вальця до швидкохідного системою важелів, що взаємодіють з підвішеними до тросів вантажів. Для

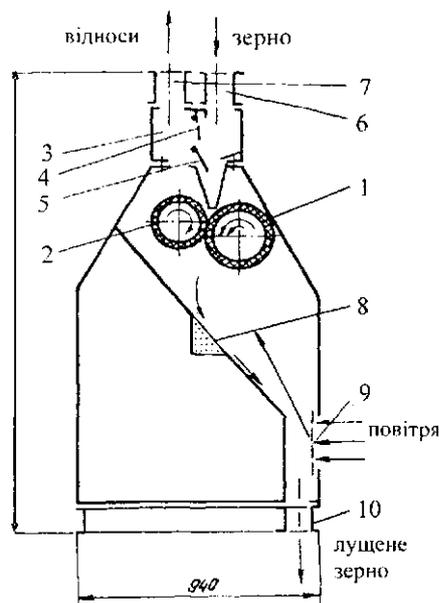
підвищення ресурсу роботи вальців їх покриття стали робити з поліуретану, більш зносостійкого матеріалу.

**Вальцьовий верстат ГСА-10** (рис. 4.16) входить до складу комплектного обладнання круп'яних цехів ЗАТ "Укрстанкінпром" для лушення рису і проса.

У верхній частині корпусу розміщено приймальний бункер 5 з оглядовим вікном 6, датчиком рівня 11 і засувкою з пневмоприводом 7. Під приймальним бункером змонтовано живильний валок 12 і заслінка 10. Під живильним вальцем знаходяться горизонтальні обгумовані робочі вальці 13. Вони обертаються назустріч один одному з різними швидкостями і приводяться від електродвигуна 8 з пультом управління 14.

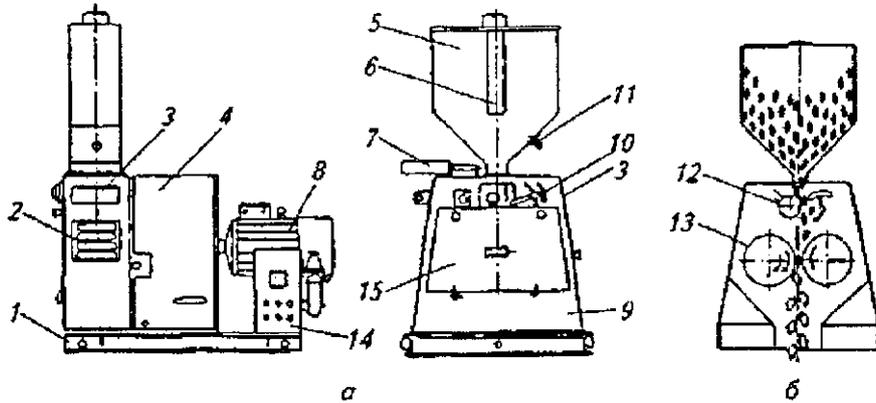
Тихохідний вал приводиться в обертовий рух через міжвальцьову зубчасту передачу 4. Вальці змонтовані консольно, доступ до них здійснюється через дверці 15. Верстат обладнано системою автоматичного управління, його підключають до центральної аспіраційної системи цеху.

**Верстат ГРП-2** застосовують для лушення зерна гречки, рису і проса. Він складається (рис. 4.17) із завантажувального бункера 4, живильника 3, обгумованих робочих вальців з механізмом регулювання зазору 2, вентилятора 5, аспіраційної колонки 6 з шнеком 7 для вивантажування легких відносів і електроприводу 1.



**Рис. 4.15. Лущильний станок У1-БШВ:**

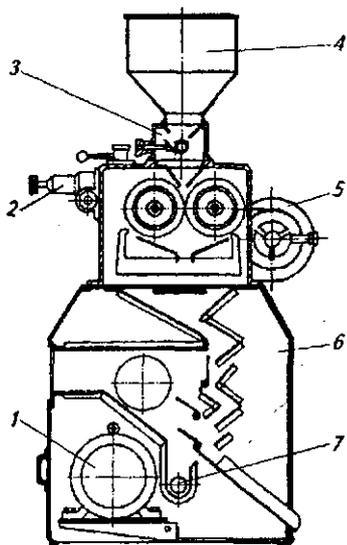
- 1 – швидкохідний валець;
- 2 – тихохідний валець; 3 – живильний бункер; 4, 5 – заслінка; 6 – прийомний патрубок; 7 – аспіраційний канал;
- 8 – скатна дошка; 9 – повітропровід;
- 10 – розвантажувальний люк



**Рис. 4.16. Вальцовий верстат ГСА-10:**

а – загальний вигляд; б – функціональна схема;

- 1 – основа; 2 – жалюзі; 3 – вікно для підключення до аспіраційної мережі;  
 4 – кожух міжвальцової передачі; 5 – приймальний бункер; 6 – оглядове вікно; 7 – пневмопривод заслінки; 8 – електродвигун; 9 – корпус;  
 10 – заслінка; 11 – датчик рівня; 12 – живильний валок; 13 – робочі вальці;  
 14 – пульт управління; 15 – відкидні дверці



**Рис. 4.17. Верстат ГРП-2:**

- 1 – електродвигун; 2 – механізм регулювання зазору; 3 – живильник;  
 4 – бункер; 5 – вентилятор

Таблиця 4.3

## Технічна характеристика вальцювих лущильних верстатів

Показники	А1-ЗРД-3	У1-БШВ	ГСА-6	ГСА-10	ГРП-2	БРИГ
Продуктивність, т/год.	2,5...3,0	3	1,0...2,5	2,5...4,5	0,8...1,2	0,3...0,6
Коефіцієнти, %:						
лущення	85...90	92	90	90	90	92
ціліності ядра	85...95	97				
Розміри робочих вальців, мм						
– довжина	400					
– початковий діаметр	200	200				
Частота обертання швидкохідного вальців, с <sup>-1</sup>	15	15,8				
Відношення колдових швидкохідностей вальців	1,46	1,46				
Витрата повітря на аспірацію, м <sup>3</sup> /год.	900	540				
Установлена потужність електродвигунів, кВт	5,5	5,5	5,5	7,5	5,5	3,0-5,0
Габаритні розміри, мм						
– довжина	1355	1210	1130	1230	1140	820
– ширина	1165	940	780	780	880	875
– висота	1730	1650	1430	1430	1920	2200
Маса, кг	800	1100	480	500	487	415

Робочі вальці верстата розташовані консольно на валах. Лущення зерна здійснюється в зазорі між вальцями, куди поступає зерно із живильника. Заслінка живильника з рифленим живильним валком забезпечують рівномірний розподіл зерна по довжині робочих вальців. В зоні лущення зерно піддається дії сили стиснення і зсуву, оболонки на зернівках руйнуються. Лущене зерно поступає в аспіраційну колонку, продувається повітрям і далі по лотку виводиться з машини. При цьому потоком повітря в аспіраційну мережу цеху виноситься лузга та інші легкі дрібні продукти лущення. Роздроблені частинки ядра і борошенце осідають в осадовій камері і шнеком виводяться з машини.

*Розрахунок вальцьового верстата.* Продуктивність верстата та робочу довжину вальців визначають за формулами (4.6, 4.7), швидкість руху зерна в зоні лущення, м/с,

$$v = 0,5 \cdot v_{ин} \cdot \left(1 + \frac{1}{k_v}\right), \quad (4.9)$$

де:  $v_{ин}$  – колова швидкість швидкохідного валка, м/с;  $k_v = 1,45$  – відношення колових швидкостей валків.

Потужність для приведення в дію вальців розраховують за формулами (4.8), (4.9). Конструктивно вибирають: діаметр валка  $D = 0,2$  м, колову швидкість швидкохідного валка  $v_{ин} \approx 9 \dots 14$  м/с, питомі витрати енергії – 0,027 кВт·год·кг.

#### 4.1.5. Луцильно-шліфувальні машини

Луцильно-шліфувальні машини застосовують на круп'яних лініях для виготовлення перлової, полтавської і горохової крупів, шліфування ишона та для обдирання (луциння) зерна перед помелом на борошно жорновим млином. Для луциння зерна і шліфування крупи застосовують луцильно-шліфувальні машини типу **ЗШН**, **МШ** і **МШХ**, а також спеціальні шліфувальні машини типу **РС** і **БМШ** та інші вітчизняного і зарубіжного виробництва. Вони відносяться до машини, в яких луциння відбувається в результаті тривалої дії сил стиску і тертя зерен між собою, а також тертя їх об робочу поверхню абразивного ротора і перфорованої обичайки (рис. 4.18). Внаслідок інтенсивного мікрошосу зовнішніх оболонок, відбувається їх відокремлення.

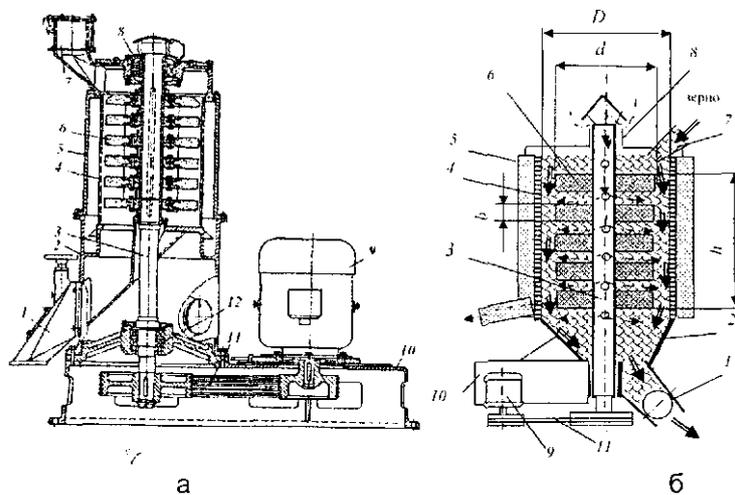


Рис. 4.18. Лушильно-шліфувальна машина ЗШН-1,5:

а – загальний вигляд; б – функціональна схема:

- 1 – випускний патрубок; 2 – корпус; 3 – пустотілий вал; 4 – циліндричне сито; 5 – кожух; 6 – абразивний диск; 7 – прийомний патрубок; 8, 12 – підшипники; 9 – електродвигун; 10 – основа; 11 – клинопасова передача

Характерно, що для цієї різновидності лушильно-шліфувальних машин обов'язкове заповнення робочої зони зерном, тільки тоді створюються умови для повного прояву сил стиску і тертя, в результаті чого відбувається ефективне стирання оболонок. Геометричні розміри і форма зерна не впливають на процес лушення. Зерно в машині обробляється товстим шаром – 15...30 мм.

Ядро, отримане після лушення, піддається подальшій обробці:

- шліфуванню (відокремлюються з поверхні ядра надірвані під час лушення плоді і насінні оболонки, зародки);
- поліруванню крупів (поліпшується зовнішній вигляд крупів);
- округленню форми і сортуванню на фракції по однорідності.

Шліфування поліпшує зовнішній вигляд крупи, наприклад, темний рис після шліфування стає білим. У результаті видалення із зернівок пшона зовнішнього шару, що містить багато жиру, підвищується стійкість його під час зберігання, шліфована крупа швидше вариться.

У процесі шліфування, ядро зазнає значних навантажень від дії сил тертя, що призводить до неминучого дроблення деяких з них. Так, при шліфуванні рисового ядра утвориться основна маса дробленого ядра від загальної її кількості. Вихід цілого ядра залежить від технічного стану шліфувальної машини, її правильного регулювання, використання оптимальних режимів роботи.

Вертикальна лушчильно-шліфувальна машина А1-АКЗ-02 (рис. 4.19, табл. 4.4) відрізняється від машин типу ЗШН-1,5 наявністю влаштованого вентилятора, який видуває легкі відноси (борошенце) в циклон, де вони осідають.

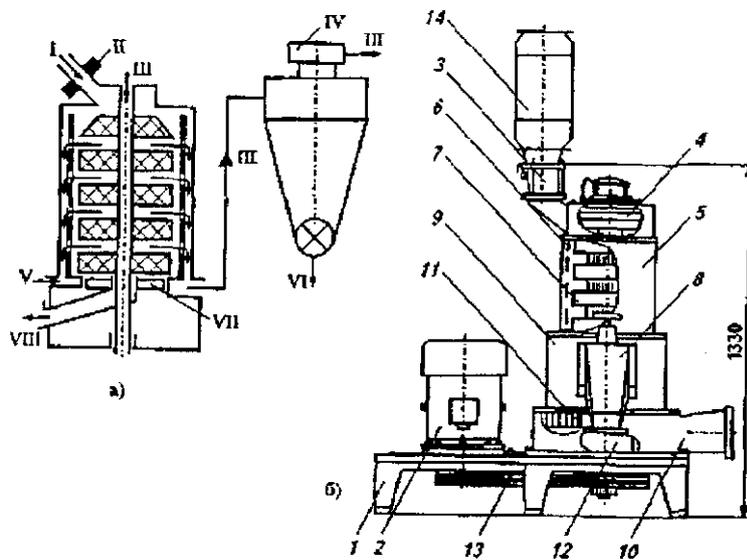


Рис. 4.19. Лушчильно-шліфувальна машина А1-АКЗ-02:

а – функціональна схема; б – конструктивна схема;

I – необроблений продукт; II – магнітний захист; III – повітря; IV – циклон; V – додатковий підсос повітря; VI – відноси; VII – вбудований вентилятор; VIII – оброблений продукт; 1 – рама; 2 – електродвигун; 3 – патрубок приймальний; 4 – опора верхня; 5 – корпус; 6 – циліндричне сито; 7 – ротор; 8 – шпускний патрубок; 9 – основа; 10 – корпус вентилятора; 11 – ротор вентилятора; 12 – опора нижня; 13 – клинопасова передача; 14 – колонка магнітна

Для сільськогосподарських переробних виробництв луцильно-шліфувальні машини типу ЗШН випускають Хорольський механічний завод (машини МШХ, рис. 4.20), ЗАТ “Укрстанкінпром”, м. Харків (ЗШН-11, ЗШН-20), ВАТ “Могилів-Подільський машинобудівний завод” (Р6-МШ), ВАТ “Бриг” м. Первомайськ, Миколаївської обл.

Луцильно-шліфувальний посад РС-125 (рис. 4.21) застосовують для шліфування і полірування пілона і рису. Він складається з корпусу, конусного абразивного барабана 10, обичайки 11 і механізму регулювання зазору. Обичайка складається з сітчастого каркаса, в подовжніх пазах якого розміщені еластичні колодки 7. Інтенсивність дії робочих органів машини на ядро регулюють зміною величини зазору між кінчними поверхнями барабана і колодками обичайки. Для цього штурвалом 15 гвинтового механізму регулювання зазору опускають або піднімають вертикальний вал 3 з барабаном 10. При опусканні вала зазор зменшується, тиск на зерно і, відповідно, інтенсивність обробки крупи зростають.

Робочу величину зазору беруть на 1-й і 2-й шліфувальних системах в межах 15...20 мм, а на 3-й – 12...16 мм. Колову швидкість барабана вибирають залежно від виду оброблюваної крупи в межах 12...16 м/с. Під час переробки рису не варто збільшувати колову швидкість барабана понад 14 м/с, так як із збільшенням швидкості різко зростають сили удару ядра об обичайку і збільшується вихід роздробленого ядра.

В процесі роботи поставу колодки стираються, знос компенсують радіальним переміщенням колодок відносно обичайки регулювальними гвинтами 6.

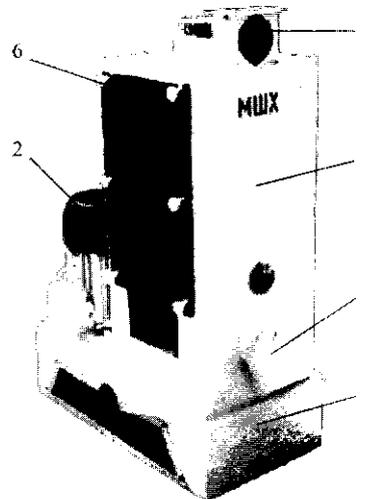


Рис. 4.20. Луцильно-шліфувальна машина МШХ:  
1 – основа; 2 – електродвигун;  
3 – прийомний патрубок; 4 – випускний патрубок; 5 – корпус;  
6 – дверці

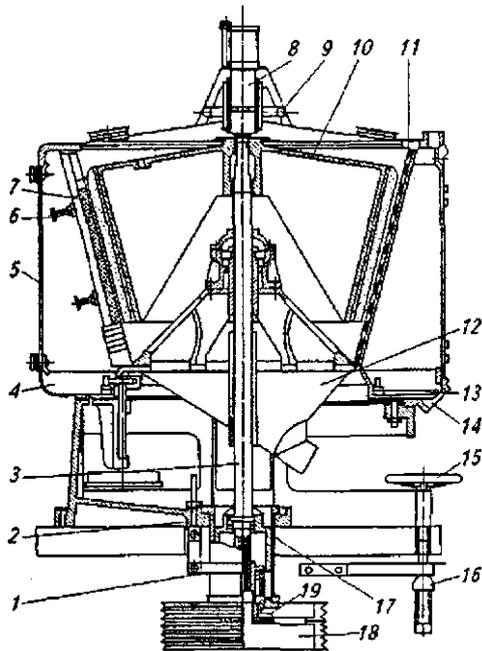


Рис. 4.21. Схема шліфувального посаду РС-125

1 – корпус; 2 – підшипниковий вузол; 3 – вал; 4 – піддон; 5 – кожух; 6 – регулювальні гвинти робочого зазору; 7 – колодка; 8 – приймальний патрубок; 9 – штурвал; 10 – барабан; 11 – обичайка; 12 – збірка; 13 і 14 – пристрій для вивантаження борошени; 15 – регулювання робочого зазору; 16 – упор; 17 – стакан; 18 – шків; 19 – кріплення шківа

Шліфувальну машину А1-БШМ-2,5 (рис. 4.22) застосовують для шліфування рису. Машина складається з двох шліфувальних секцій, розміщених на одній рамі. Кожна секція має шнековий живильник, приймальний і вивантажувальний патрубки, ситовий і шліфувальний барабани. Рисова крупа через шнековий живильник подається в робочу секцію, де піддається шліфуванню між шліфувальним і ситовим барабанами, що обертаються, переміщається до вихідного патрубку 3, яким виводиться з машини. Продукт шліфування (борошенце просипається через сито 9 в збірник 2 і виводиться з машини через вивантажувальний патрубок.

На відміну від конструкції машин типу ЗШН, розроблені машини (рис. 4.23), в яких зерно шліфується не лише за рахунок тертя об абразивні робочі органи машини та між собою, а і за рахунок абразивного порошку, що омиває з певною швидкістю зерно під час його проходження через машину.

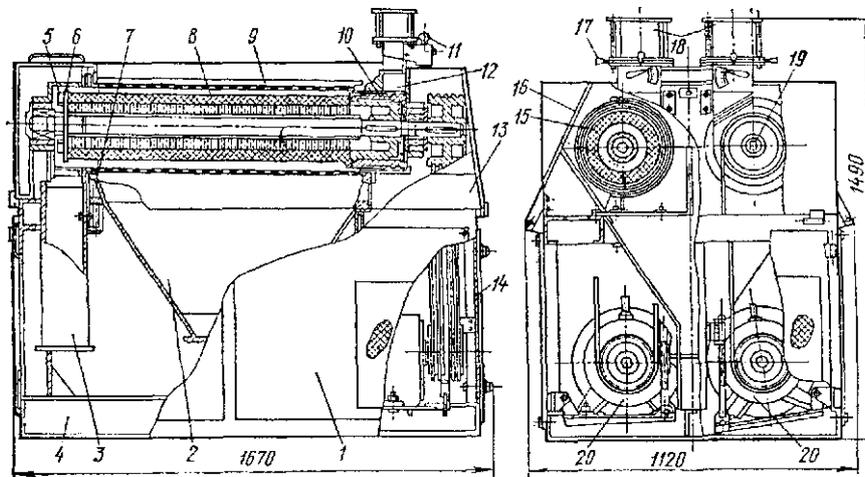


Рис. 4.22. Шліфувальна машина А1-БШМ-2,5:

- 1, 7 – стінки; 2 – збірник; 3 – випускний патрубок; 4 – рама; 5 – крильчатка;  
 6 – розвантажувач; 8 – шліфувальний барабан; 9 – ситовий барабан;  
 10 – шнековий живильник; 11, 17 – заслінки; 12 – прийомний патрубок;  
 13 – огороження; 14 – дверцята; 15, 19 – шліфувальні секції; 16 – відкидна  
 кришка; 18 – живильники; 20 – електродвигуни

Машина включає закріплений із можливістю обертання внутрішній циліндр 1 із абразивною поверхнею 2 і встановлений коаксіально до нього зовнішній циліндр 3. Останній є статором, а внутрішній циліндр 1 – ротор асинхронної електричної машини. Статор і ротор змонтовано з утворенням між ними робочої камери 4 для розміщення в ній продукту і феромагнітного абразивного порошку 5. Внутрішня поверхня 6 статора виконана абразивною. Обмотки статора і ротора зміщені в просторі на  $120^\circ$  одна відносно іншої і струм в них зсунутий по фазі на  $120^\circ$ . Це одна із необхідних умов для створення в робочій камері 4 обертового магнітного поля. Обмотки статора включаються безпосередньо в мережу змінного струму або через перетворювач частоти живильного струму. В останньому випадку забезпечується регулювання швидкості обертання магнітного поля. Феромагнітний абразивний порошок 5 вводиться в такій кількості, щоб відносно відставання

Таблиця 4.4

## Технічна характеристика лушильно-шліфувальних машин

Показники	А1-АКЗ-0,2	ЗШН	МШХ
Продуктивність, т/год.	0,4...0,8	1,0...1,2	0,8...1,8
Зниження зольності крупи, %	0,05...0,06	0,05...0,06	0,05...0,06
Коефіцієнт лушення, %	75...80	75...80	75...80
Діаметр абразивних дисків, мм:	250	250	250
Число абразивних дисків, шт.	4	8	8
Діаметр ситового циліндра, мм	270	272/282	270
Частота обертання ротора, об/хв.	1460	1460	1460
Колова швидкість, м/с	15,7	15...18	15...18
Потужність приводу, кВт:	7,5	22,0	11,0
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год.	900	920	900
Габаритні розміри, мм			
- довжина	1400	1420	1450
- ширина	820	860	700
- висота	1330	1590	1450
Маса, кг	530	800	450

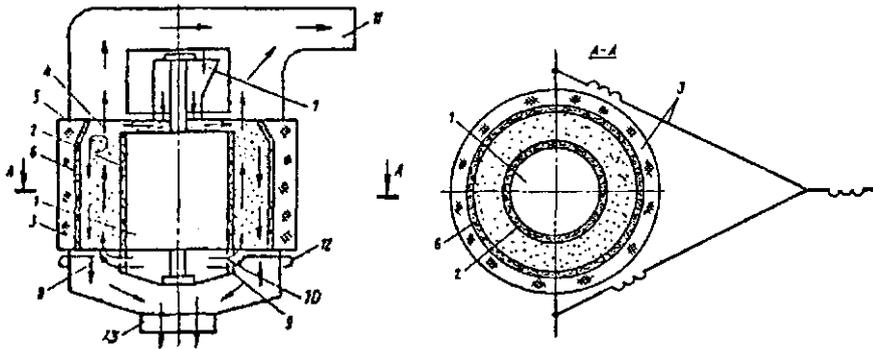


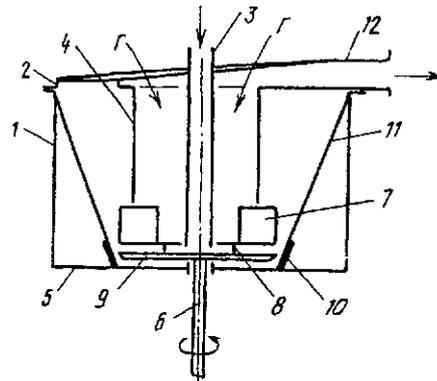
Рис. 4.23. Лушильно-шліфувальна машина із активним абразивним порошком, що заповнює робочу камеру:

- 1 – ротор; 2, 6 – абразивні поверхні; 3 – статор; 4 – робоча камера;  
 5 – феромагнітний абразивний порошок; 7, 13 – впускний та випускний патрубки; 8 – перепускний отвір; 9, 11 – аспіраційні отвори; 10 – сітка

частоти ротора від частоти обертання магнітного поля статора знаходилась в межах 6–8 %. Геометричні розміри та стан поверхні зерна в цій машині не грають важливої ролі, оскільки при даній обробці забезпечується контакт будь-якої точки поверхні із абразивним феромагнітним порошком. Недоліками машини є висока енергоємність процесу, складність конструкції машини, мала продуктивність та можливість проникнення феромагнітного порошку в ядро зернівок, тому вона не знайшла широкого застосування.

Відома конструкція лушильно-шліфувальної машини ударно-фрикційної дії (рис. 4.24) для якої не обов'язкове заповнення робочої зони зерном і не чутлива до розмірів зерна. В цій машині зерно через живильний патрубок 3 попадає на диск 9, набуває обертового руху і відкидається на відбивальну деку 10. Частота обертання диска підбирається за умови часткового руйнування оболонки і збереження цілим ядра. В результаті удару об деку відбувається розколювання і надриг

квіткової оболонки, однак сили удару недостатньо для зриву оболонки. Внаслідок відцентрової сили і конічної форми відбивальної деки 10, частинки піднімаються вгору і попадають в закручений повітряний потік, утворений лопатевим диском 7, що обертається. Біля стінки шліфувального елемента 11 утворюється підвищений надлишковий тиск, під дією якого частинки притискаються і перекочуються по елементу 11. Із корпусу 1 вивантажування зерна здійснюється через патрубок 12, спіралевидність якого забезпечує плавний вихід частинок обробленого продукту.



**Рис. 4.24. Лушильно-шліфувальна машина ударно-фрикційної дії:**  
1 – корпус; 2 – кришка; 3, 4 – патрубки подачі сировини та повітря; 5 – плоске дно; 6 – вал; 7 – лопатевий диск; 8 – лопатка; 9 – диск; 10 – дека; 11 – конічний шліфувальний елемент; 12 – розвантажувальний патрубок

Характерна особливість розглянутих машин – можливість регулювання часу обробки зерна в робочому об'ємі за допомогою випускних клапанів. Тільки за таких умов вдасться отримати оптимальний лушильно-шліфувальний ефект обробки зерна в залежності від культури і вимог технології виробництва крупи.

Типовою несправністю лушильно-шліфувальних машин є підвищені рівень шуму і вібрація, які виникають в результаті розбалансування абразивного ротора при неправильній його зборці і нерівномірного зносу абразивних дисків. Тому необхідно ретельно стежити за технічним станом ротора і дисками, своєчасно замінювати диски на нові, після заміни та складання ротора робити його статичне балансування.

**Розрахунок лушильно-шліфувальної машини типу ЗШН.** Продуктивність машини  $Q$ , кг/год., розраховують за формулою:

$$Q = 900 \frac{\pi(D^2 - d^2)h\rho k}{\tau}, \quad (4.10)$$

де:  $D, d$  – діаметри відповідно сита і абразивних дисків (рис. 4.18), м;  $h$  – висота робочої частини ротора, м;  $\rho = 710 \dots 820$  – насипна маса зерна, кг/м<sup>3</sup>;  $k = 0,7 \dots 0,8$  – коефіцієнт використання робочого об'єму машини;  $\tau$  – час обробітку зерна, с (для ячменю  $\tau = 5 \dots 15$ , для пшениці  $\tau = 7 \dots 18$ ).

Діаметр і товщина абразивного диска стандартизовані:  $d = 0,25$  м,  $b = 0,04$  м. Радіальний зазор між дисками і ситом становить  $\delta = 0,01 \dots 0,025$  м, діаметр сита  $D = d + 2 \delta$  м.

Із формули (4.10) визначають висоту  $h$ , м, робочої частини ротора

$$h = \frac{Q\tau}{900\pi(D^2 - d^2)k\rho}. \quad (4.11)$$

Кількість абразивних дисків

$$z = h/b.$$

Загальна висота ротора, м,

$$h_p = z(b + \delta_1) - \delta_1,$$

де  $\delta_1 = 0,018$  – осьовий зазор між суміжними дисками, м.

Інші розміри ротора і сита визначають конструктивно.

Частота обертання ротора, об/хв.,

$$n = \frac{60v}{\pi d}, \quad (4.12)$$

де  $v = 26,5$  – колова швидкість диска, м/с.

Потрібну потужність для приведення ротора в дію розраховують за формулою:

$$N = N_o \cdot Q, \quad (4.13)$$

де  $N_o = (12...17) \cdot 10^{-3}$  – питомі витрати потужності, кВт·год/кг. (більші значення беруть при обробці жита).

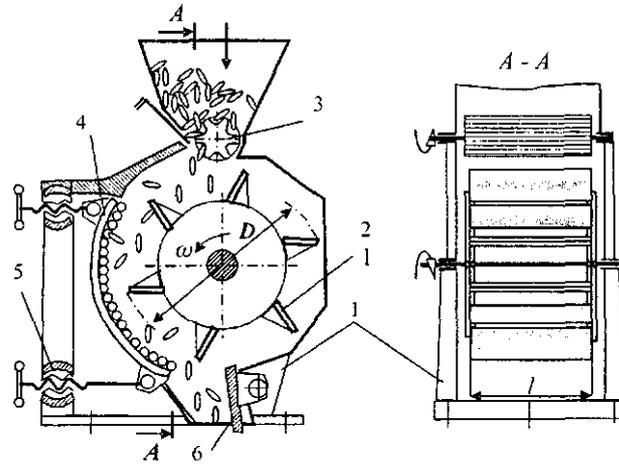
#### 4.1.6. Лушильні машини ударної дії

До машин такого типу відносяться оббивальні машини (див. розділ 3), бильні, відцентрові лушильні машини та насіннерушки. Ними лушать зерно за допомогою багаторазового удару билами (лопатями), що обертаються, або одноразового удару зернівок, що сходяться з великою швидкістю з диска і ударяються об нерухому чи рухому кільцеву обичайку. Вони застосовуються для лушення вівса, соняшника, ячменю та зерна інших культур.

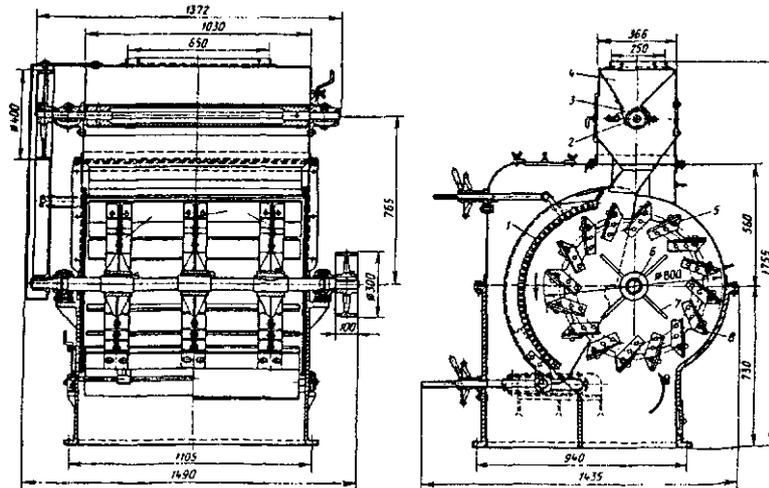
**Бильні лушильні машини.** Найпоширенішою машиною, що застосовують для лушення насіння соняшника, ячменю, вівса є бильна насіннерушка типу МРН конструкції Кудрявцева-Васильєва (рис. 4.25, табл. 4.5). Вона застосовується на промислових та сільськогосподарських зернопереробних виробництвах.

Робочими органами машини є бильний барабан 2 із розміщеними на ньому стальними билами, та дека 4, яка охоплює барабан по дузі  $110^\circ$  хвилястою поверхнею. Деку можна наблизити або віддалити від барабана, що необхідно для регулювання якості лушення.

Бильна насіннерушка типу МРН (рис. 4.26) 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 засліпка 2.



**Рис. 4.25. Функціональна схема бильної насіннесушки:**  
 1 – корпус; 2 – барабан; 3 – живильний валок; 4 – дека; 5 – механізм регулювання зазору; 6 – відбивний щиток



**Рис. 4.26. Конструктивна схема бильної насіннесушки:**  
 1 – дека; 2 – заслінка; 3 – живильний валок; 4 – бункер; 5 – барабан; 6 – вал;  
 7 – ребра; 8 – біла; 9 – механізм регулювання зазору; 10 – відбивний щиток

Призначення живильного пристрою – забезпечити рівномірний розподіл насіння по ширині робочої зони машин (довжині біла).

Бильний барабан являє собою вал 6 з укріпленими на ньому трьома дисками 9 з маточинами і кронштейнами з билами 5. Жорсткість дисків забезпечується привареними до них з обох сторін ребрами 7. На зовнішньому поясові кожного диска приварено 16 пар кутників під кутом  $55^\circ$  до радіусу. До цих кутників болтами прикріплені виготовлені зі смугової сталі товщиною 10...12 і шириною 100 мм біла 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 біла 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 лушиться, 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.

Недоліками бильної лушильної машини типу **МРН** є неупорядкований рух насінин в машині, не нормоване число повторних ударів об деку та біла (від 8 до 20), неоднакова сила удару бил по насінинам, що визначає відносно низькі якісні показники її роботи і робить процес лушення некерваним.

Таблиця 4.5

## Технічна характеристика насіннерушки МНР

Назва показника	Величина
Продуктивність по насіннях, т/добу	50-60
Потужність приводу, кВт	5,1
Склад рушанки, не більше, %:	
ціле і недоручене насіння	25
олійного пилу	9
січки	15
Габаритні розміри, мм :	
- довжина	1490
- ширина	1435
- висота	1755
Маса, кг	1380

**Розрахунок бильної насіннерушки.** Продуктивність насіннерушки  $Q$ , кг/год., визначають за формулою:

$$Q = 3600z l q, \quad (4.14)$$

де:  $z = 8 \dots 16$  – число бил, шт;  $l$  – довжина била, м;  $q = 0,02 \dots 0,044$  – погонне питоме навантаження на било, кг/(м·с).

За заданою продуктивністю із виразу (4.14) визначають довжину била, м:

$$l = Q / (z q). \quad (4.15)$$

У першому наближенні підставляють:  $z = 10$  шт.,  $q = 0,02$  кг/(м·с).

Мінімальний діаметр бильного барабана  $d$ , м, (рис. 4.27) визначають із умови компонування бил на барабані:

$$d = z(0,5b \cos \alpha + \Delta), \quad (4.16)$$

де:  $b$  – ширина била;  $\alpha = 40 \dots 60^\circ$  – кут нахилу била, град;  $\Delta$  – відстань між проекціями бил на коло діаметра  $d$ , м.

Зовнішній діаметр барабана

$$D = d + 2b \cos \alpha. \quad (4.17)$$

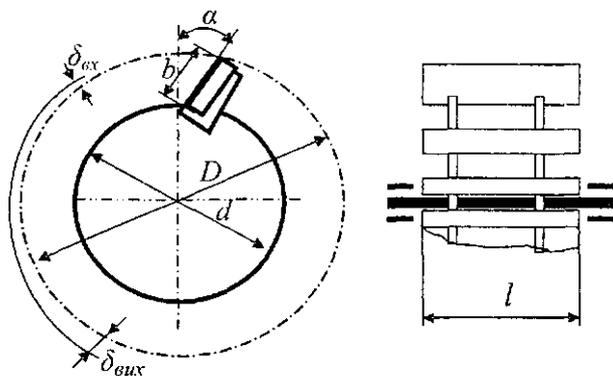


Рис. 4.27. Геометричні параметри барабана

Конструктивно вибирають:  $b = 0,05 \dots 0,10$  м;  $\Delta = 0,01 \dots 0,05$  м. Зазор між декою і зовнішніми торцями бил на вході в зону лушення  $\delta_{\text{вх}} = 0,008 \dots 0,01$  м, на виході  $\delta_{\text{вих}} = 0,01 \dots 0,08$  м.

Частота обертання барабана,  $\text{с}^{-1}$ :

– при коловій швидкості  $v_k = v_{k \min} = 24$  м/с

$$n_{\min} = V_{k \min} / (\pi D) = 24 / (\pi D); \quad (4.18)$$

– при коловій швидкості  $v_k = v_{k \max} = 32$  м/с

$$n_{\max} = V_{k \max} / (\pi \cdot d) = 32 / (\pi d). \quad (4.19)$$

Потужність для приведення насіннерушки в дію  $N$ , кВт, розраховують за формулою:

$$N = K (N_{\text{луц}} + N_{\text{пов}} + N_{\text{рвн}}), \quad (4.20)$$

де:  $K = 1,15 \dots 1,20$  – коефіцієнт, який ураховує витрати енергії на приведення в рух живильного механізму;

$N_{\text{луц}}$  – потужність, яка витрачається на лушення насіння, кВт:

$$N_{\text{луц}} = 0,14 \cdot 10^{-5} n_{\max}^2 D^2 Q; \quad (4.21)$$

$N_{\text{пов}}$  – потужність, яка витрачається на подолання опору повітря, кВт:

$$N_{\text{пов}} = 0,95 \cdot 10^{-7} D^3 n_{\max}^3 l \alpha; \quad (4.22)$$

$N_{руш}$  – потужність, яка витрачається на придання швидкості лущеному насінню, кВт

$$N_{руш} = 0,257 \cdot 10^{-5} D^2 n_{max}^2 Q. \quad (4.23)$$

**Відцентрові лущильні машини.** До таких машин відноситься насіннесрушка конструкції Причини – Кошевого – Бондарєва (рис. 4.28), 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 по сторону. Насіння, що надходить в живильний бункер, при допомозі конусного ковпака і тарілки направляється на розподільчий диск, потім, проходячи повз живильну щілину, насіння попадає на кінці лопаток, що обертаються. При ударі лопаток по насінням насіннева оболонка розколюється і рушанка (облущене зерно) відкидається на деку. Якщо при зустрічі із лопаткою лущення насіння не відбулося, то ця насіннина може бути облущена при повторному ударі об деку, так як вона відкидається лопаткою з великою швидкістю. 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

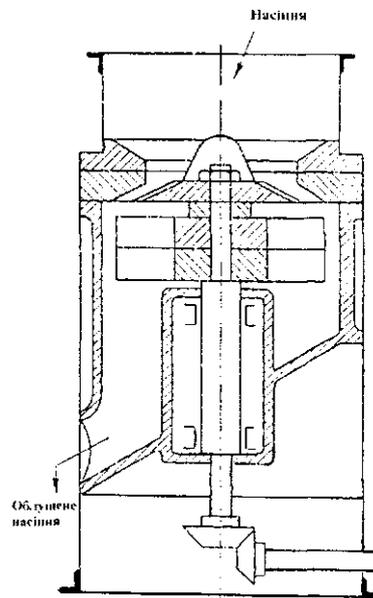


Рис. 4.28. Насіннесрушка конструкції Причини – Кошевого – Бондарєва

роботи насіннерушки регулюється тільки шляхом зміни числа обертів лопаток, для цього використовується варіатор.

Аналізуючи конструкцію і роботу цієї насіннерушки, можна відмітити такі позитивні якості: машина має переваги перед більшою в тому, що насіння тут піддається тільки двократному удару (об лопатку та деку), що зменшує кількість утвореної січки; має малі габарити при порівняно високій продуктивності. Поряд з позитивними якостями насіннерушка має недоліки: можливе повторне лушення (при другому ударі об деку); із-за залежності питомої роботи лушення від розміру насіння, машину не можна відрегулювати так, щоб лушилось все насіння, відповідно, в облущеному насінні завжди буде січка і недорущ; трапеціодна насічка на внутрішній поверхні деки створює неоднакові удари насіння об неї.

У сучасних зернопереробних виробництвах для лушення вівса і насіння сояшнику застосовують відцентрові луцильні машини (рис. 4.29–4.32). В конструкції луцильної 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 більшій насіннерушці.

На якість роботи відцентрової луцильної 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 луцильної машини німецької фірми "MAG" (рис. 4.30) відрізняється від зображення на рисунку 4.29 декою, яка виконана у вигляді обичайки з механізмом для циклічних підйомів і спусків (з частотою 9 циклів за хвилину).

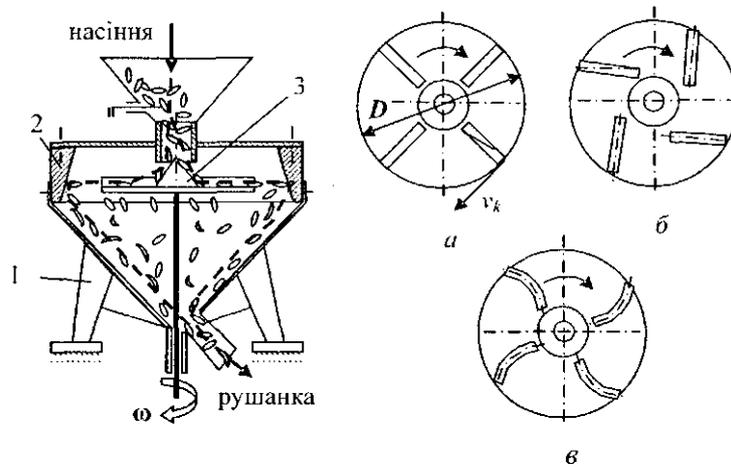


Рис. 4.29. Схема відцентрової луцильної машини:  
 1 – рама; 2 – дека; 3 – диск (а, б – з радіальними лопатками,  
 в – з криволінійними лопатками)

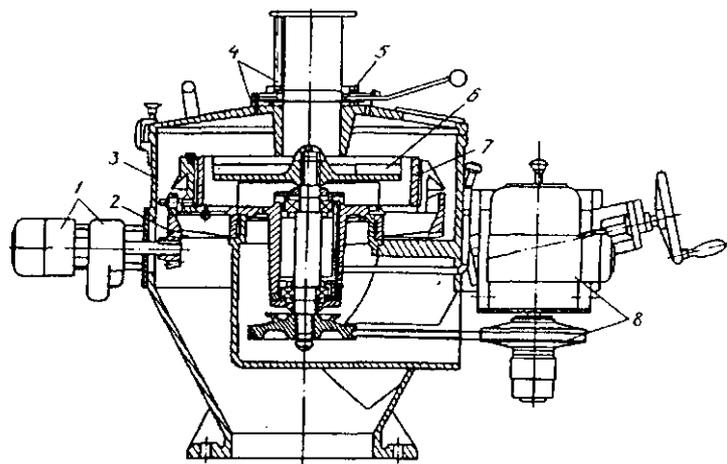
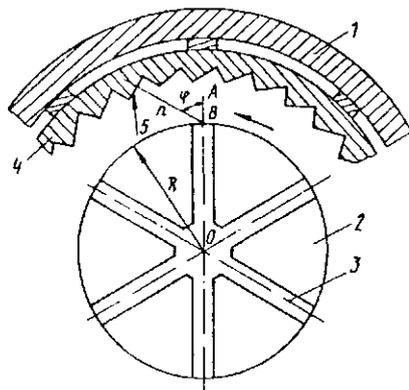


Рис. 4.30. Відцентрова луцильна машина в розрізі:  
 1 – електродвигун; 2 – механізм циклічних рухів обичайки; 3 – корпус;  
 4 – кришка з патрубком; 5 – живильний пристрій; 6 – ротор; 7 – обичайка;  
 8 – електропровід з варіатором швидкостей

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 лушення складає 92–95 %, в залежності від колової швидкості ротора.

Робочий процес в розглянутих вище відцентрових лушильних 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 (скловична, борошниста). Застосовувані в лушильних системах такі машини мають незадовільний коефіцієнт подрібнюваності ядра і невисокий коефіцієнт лушення зерна.

Важливим фактором, що впливає на якість лушення відцентрових лушильних машин, є напрямок удару зернівки об деку. Експериментально встановлено, що найменше енергії витрачається на руйнування



**Рис. 4.31. Схема відцентрової насіннерушки із ступінчастою декою:**

1 – корпус; 2 – ротор; 3 – трубки ротора; 4 – ступінчаста дека

оболонки, при збереженні цілим ядра, при прямому ударі зернівки об деку. Конструкторами А. Н. Кудрявцевим та В. А. Ватутіним була запропонована конструкція відцентрової насіннерушки із ступінчастою декою, в якій удар наближається до прямого (рис. 4.31).

При прямому ударі кінетична енергія насіння не витрачається на тертя об деку, а витрачається на деформацію оболонки насіння, що забезпечує більш якість їх лушення, оскільки кількість необлушених та недолушених насінин в складі рушанки зменшується. 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 переробленої сировини.

Конструкційне рішення деки із регулюванням напрямку удару зроблено в машині (рис. 4.32). Дека в цьому пристрої виконана із сегментів (відбивних лопаток) шарнірно з'єднаних із корпусом машини. Сегменти можуть повертатись відносно вертикальних осей шарнірів та фіксуватись під заданим кутом механізмом регулювання 4. Конструкція на практиці не перевірена, вона має недоліки, властиві конструкції ступеневої деки.

В Національному аграрному університеті України розроблено відцентрову лушильну машину (рис. 4.29, в) 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.

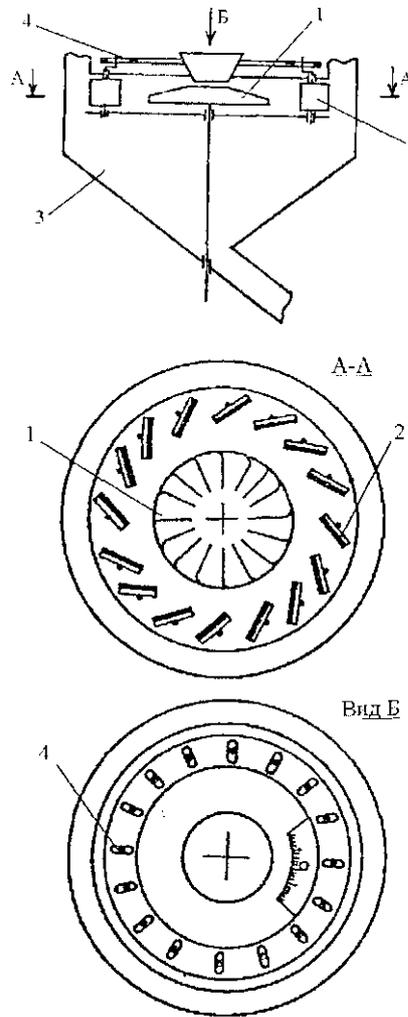


Рис. 4.32. Схема відцентрової насіннерушки із регульованою ступінчастою декою:

1 - диск; 2 - сегменти деки; 3 - корпус; 4 - механізм регулювання

На сільськогосподарських виробництвах поширені відцентрові лушильні машини **ШО-3**, **ФС 400/2**, **Я.31.198** та ін. (табл. 4.6). Принцип їх дії і будова така як у машин типу (рис. 4.29, а).

Таблиця 4.6

**Технічна характеристика відцентрових лушильних машин**

Показники	Я.31.198	ФС 400/2	ШО-3	А1-МЦП
Продуктивність, кг/год.	0,3...0,4	0,900...1,0	1,0...1,2	6,0...8,0
Ефективність лушення, %	80...85	80...90	80...85	80...85
Діаметр ротора, мм	488	480	500	380
Діаметр деки, мм	560	570	550	
Кутова частота ротора, об/хв.	170...290	160...290	200...250	380...430
Встановлена потужність, кВт	3,0	3,0	3,0	15
Габаритні розміри, мм				
– довжина	1200	1512	1200	1430
– ширина	725	670	690	850
– висота	1640	1220	770	1310
Маса, кг	600	405	280	550

Загальний вигляд машини **ШО-3** виробництва Хорольського механічного заводу приведений на рисунку 4.33.

*Розрахунок відцентрової насіннерушки.* Розрахункову схему відцентрової насіннерушки показано на рисунку 4.34.

Продуктивність насіннерушки  $Q$ , кг/год., визначають за формулою:

$$Q = zq, \quad (4.24)$$

де:  $z$  – кількість напрямних лопаток (трубок);  $q$  – продуктивність лопатки, кг/год.

При заданій продуктивності основні параметри насіннерушки розраховують методом послідовних наближень.

*Перше наближення.* Задають вихідні параметри: кутову швидкість робочого диска  $\omega = 85$  рад/с; висоту живильного бункера  $h = 0,2$  м; кут нахилу твірної тарілки беруть більшим за кута тертя  $\alpha_m = 26^\circ$ ; діаметр диска на внутрішніх торцях лопаток  $d = 0,06...0,10$  м.

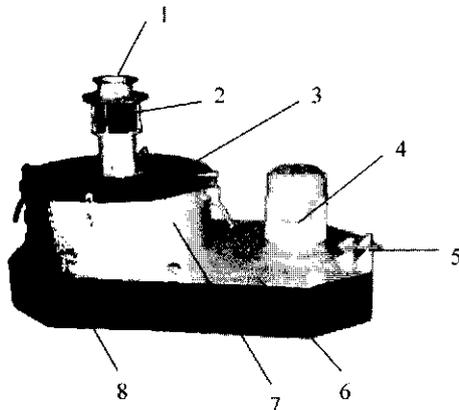


Рис. 4.33. Відцентрова луцильна машина ШО-3:

1 - приймальний патрубков; 2 - скляна оглядова вставка; 3 - кришка; 4 - приводной електродвигун; 5 - натяжний пристрій; 6 - основа; 7 - корпус; 8 - люк

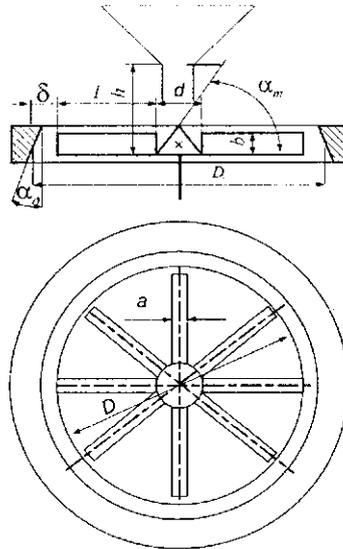


Рис. 4.34. Розрахункова схема відцентрової насіннерушки

Діаметр диска  $D$ , м, та довжину лопатки  $l$ , м, визначають за формулами:

$$D = \left( 0,65d - \frac{v_n}{0,95 \cdot \omega} \right) \left( \frac{v_{\max} k_z}{0,25 \omega d - 0,352 v_n} \right), \quad (4.25)$$

$$l = (D - d)/2, \quad (4.26)$$

де  $v_n$  - початкова радіальна швидкість насіння по лопатці при подаванні насіння самопливом, м/с

$$v_n = 0,5 k_f \sqrt{2gh \sin(2\alpha_m)}, \quad (4.27)$$

де:  $k_f = 0,5 \dots 0,7$  - коефіцієнт, який урахує втрату швидкості руху насіння за рахунок тертя між насінням і стінкою живильного бункера;  $g = 9,81$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $k_z$  - кінематичний коефіцієнт, що враховує напрямок удару насіння об деку, який у першому наближенні розраховують за формулою:

$$k_s \approx 1/\cos \alpha_s, \quad (4.28)$$

де  $\alpha_s = 5...10^\circ$  – кут нахилу твірної деки (рис. 4.34).

Час руху  $t$  насінини по лопатці, с:

$$t = \frac{1}{0,77\omega} \ln \left( \frac{v_{max} k_s}{0,25\omega d - 0,352v_n} \right), \quad (4.29)$$

де  $v_{max}$  – максимальна швидкість руху насінини в момент сходу з лопатки, м/с (з умови забезпечення лушення насіння ударом об деку беруть  $V_{max} = V_k = 32$ ).

Середня швидкість  $v_{cp}$  насінини по лопатці, м/с:

$$v_{cp} = l/t \quad (4.30)$$

Продуктивність однієї лопатки  $q$ , кг/год., потрібна їх кількість  $z$ , шт.:

$$q = 3,6 \cdot 10^{-3} S n_H v_c \rho k_n, \quad z = Q/q, \quad (4.31)$$

де:  $S$  – середня площа поперечного перерізу насінини, м<sup>2</sup>;  $n_H$  – кількість рядів насіння на лопатці (для машин малої продуктивності  $n_H = 1$ );  $\rho$  – густина насіння, кг/м<sup>3</sup>;  $k_n = 0,6$  – коефіцієнт, що враховує порожнечу між насінинами;  $Q$  – задана продуктивність насіннерушки, 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:

$$z \leq \pi d / (a + \Delta), \quad (4.32)$$

де:  $\Delta < 0,005$  – монтажний зазор, м;  $a$  – ширина лопатки, м.

*Друге наближення.* Залежно від результатів першого наближення кутову швидкість робочого диска  $\omega$  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 (умова (4.32)). 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  $k_s$  за формулою:

$$k_c = \frac{\sin \beta}{\cos \alpha_0 \sqrt{1 - \lambda^2 \cos^2 \beta}}, \quad (4.33)$$

де  $\beta$  – кут між векторами абсолютної та відносної швидкостей руху насінини:

$$\beta = \arccos \sqrt{\frac{\omega^2 D^2}{\lambda^2 \omega^2 D^2 + 4v_k^2 \cos^2 \alpha_0}}, \quad (4.34)$$

де:  $\lambda = D / D_c$ ;  $D_c = D + 2 \cdot \delta$ ;  $\delta = 0,003$  – зазор між декою і ротором, м.

Потужність для приведення насіннерушки в дію  $N$ , (кВт), розраховують за формулою:

$$N = K (N_{\text{луч}} + N_f + N_{\text{нов}}), \quad (4.35)$$

де:  $N_{\text{луч}}$  – потужність, яка витрачається на лущення насіння, кВт (розраховують за формулою (4.21));  $N_f$  – потужність, яка витрачається на подолання опору від тертя насіння об лопатки, кВт:

$$N_f = \left( g + \frac{2\omega^2 v_c}{g} \right) f v_c Q / 1000, \quad (4.36)$$

$N_{\text{нов}}$  – потужність, яка витрачається на подолання опору повітря, кВт:

$$N_{\text{нов}} = 3 \cdot 10^{-4} (\pi d - z \delta) b v_c \psi \rho \omega^2 D^2, \quad (4.37)$$

де  $\psi = 0,6 \dots 0,8$  – коефіцієнт напору, який ураховує “вентиляторний ефект” ротора.

#### 4.1.7. 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 асרוустановках (рис. 4.35) насіння, що надходить в апарат, підхоплюється стисненим повітрям, яке подається через сопло типу Лавалю,

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 аерошелушільних машин нашкоджується на ряд труднощів, головна із яких – значні енергетичні затрати.

*Другий метод* – руйнування оболонок надлишковим тиском, що створюється в середині насіння, 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 4.36. 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.

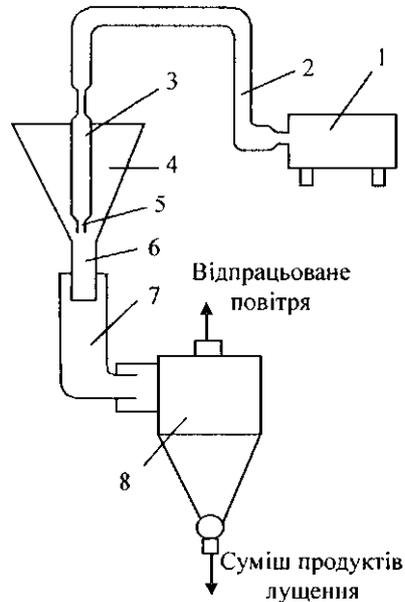


Рис. 4.35. Схема аеролушильної установки:

- 1 – ресивер з компресором;
- 2 – повітропровід; 3, 6,
- 7 – транспортуючі труби;
- 4 – конусний бункер; 5 – сопло;
- 6 – циклон

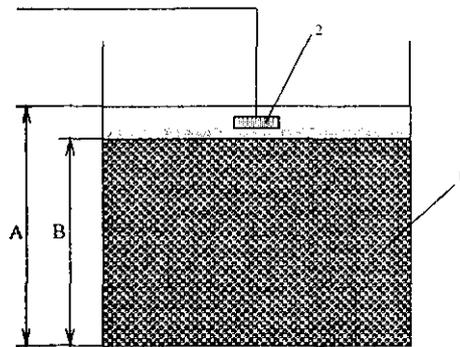


Рис. 4.36. Вібраційно-акустична  
луцильна машина:

1 – бункер; 2 – гідродинамічний  
випромінювач

Недоліком цього апарата 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 при-

ймальне 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 суттєво більша традиційних методів механічного лущення.

В даний час ще недостатньо досліджені луцильні машини, в яких застосовуються різноманітні фізичні явища, наприклад, вальцові луцильні машини термомеханічної дії. Перед роботою вальці машини, що обертаються назустріч один одному, охолоджують до температури  $-25^{\circ}\text{C}$ . 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.

## 4.2. Машини для подрібнення зерна

### 4.2.1. Класифікація і основні показники технологічної ефективності подрібнювачів 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  $\lambda$ , що дорівнює відношенню сумарних площ поверхонь часточок подрібненого і неподрібненого зерна

$$\lambda = \frac{S_0 + \Delta S}{S_0}, \quad (4.38)$$

де:  $S_0$ ,  $\Delta S$  – площа поверхні часточок (зернівок) неподрібненого і поверхні розділу, що утворилась в результаті подрібнення зерна відповідно.

В залежності від ступеня подрібнення, помел умовно поділяють на грубий, середній і тонкий. Грубий ( $\lambda = 2...6$ ) застосовують у виробництві сипких комбікормів, дерті та крупів, середній ( $\lambda = 20...24$ ) – при виготовленні борошна, тонкий при  $\lambda = 120$  – 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 60...70 % від загальних витрат припадає на процес подрібнення).

Згідно з поверхневою теорією Ріттинґера (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 відзеркалює 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:

$$A = \sigma \Delta S + k \Delta V, \quad (4.39)$$

де: перший доданок – це робота, що витрачається на утворення нових поверхонь  $\Delta S$ , другий доданок – це енергія об'ємної деформації;  $\sigma$ ,  $k$  – коефіцієнти пропорційності, що дорівнюють питомій роботі, витраченій на утворення одиниці площі нової поверхні розділу і деформацію одиниці об'єму твердого тіла відповідно;  $\Delta V$  – 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 вальцові верстати, жорнові посади, дробарки молоткові і пальцові (рис. 4.37).

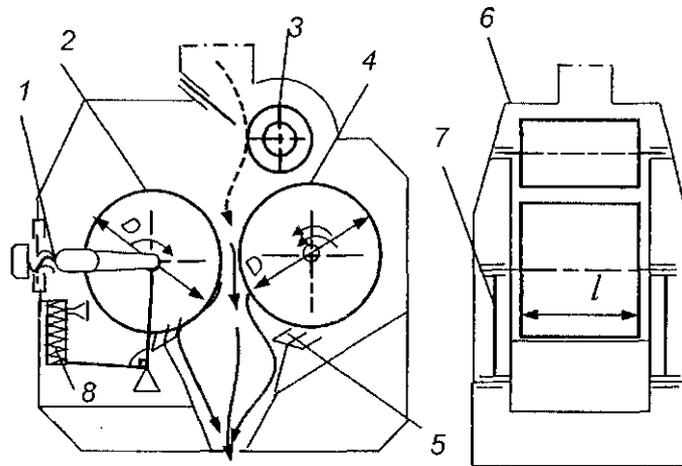


Рис. 4.37. Класифікація подрібнювачів

#### 4.2.2. Вальцові подрібнювачі

Вальцові подрібнювачі (верстати) призначені для подрібнення зерна на сортове борошно, дроблену крупу, плющення зерна і насіння олійних культур. Вони подрібнюють зерно циліндричними вальцями, які обертаються назустріч один одному з різною швидкістю. Бувають верстати з однією і декількома парами робочих вальців. Верстати з однією парою вальців переважно застосовують на млинах сільськогосподарського призначення, а з більшим числом вальців – на промислових млинах, крупорушках і на підприємствах з переробки олійних культур.

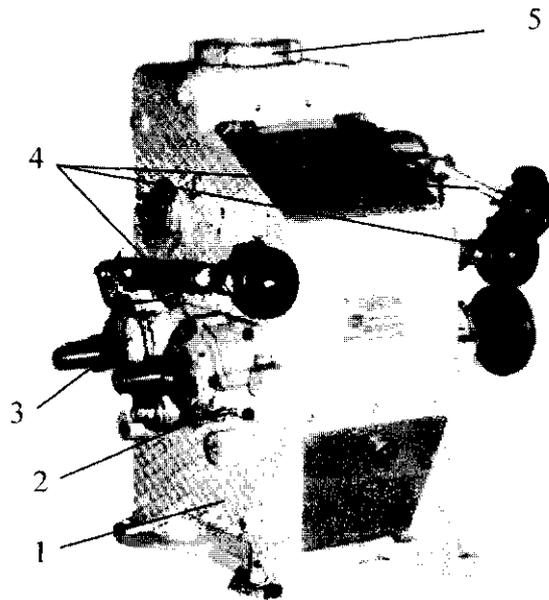
Функціональну схему малогабаритного вальцового верстата млина зображено на рисунку 4.38. Робочий валець 4 змонтовано на станині 6 в підшипниках, опори яких є нерухомими, а валець 2 – в підшипниках закріплених на балансирах 7, які повертаються за допомогою



*Рис. 4.38. Функціональна схема двовальцевого верстата:*  
 1 – механізм регулювання зазору; 2 – тихохідний валок; 3 – живильний валок; 4 – швидкохідний валок; 5 – щітка; 6 – корпус; 7 – балансір

*Рис. 4.39. Загальний вигляд двовальцевого верстата:*

1 – корпус; 2 – опора швидкохідного вальця;  
 3 – опора тихохідного вальця; 4 – механізм регулювання зазору;  
 5 – випускний патрубок



механізму регулювання 1, завдяки чому змінюється і встановлюється потрібна величина зазору між валками. Пружини 8, що діють на балансири, забезпечують потрібний тиск робочих вальців на зерно і запобігають руйнуванню їх у разі потрапляння металевих предметів у машину. Щітки 5 зчищають прилиплий продукт з поверхні робочих вальців.

Робочий валець (рис. 4.40) складається з чавунної металевої гільзи 1 і запресованих в неї сталевих цапф 2, 3.

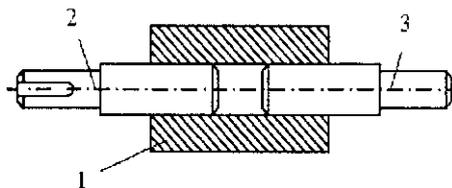


Рис. 4.40. Конструкція вальця:  
1 – гільза; 2, 3 – цапфа

**Робочі вальці.** Найважливішими механічними показниками вальця є твердість його поверхні й ударна в'язкість, які в сукупності зумовлюють його зносостійкість. Одночасно матеріал вальця повинен мати досить високу міцність і жорсткість на згин, оскільки

зусилля від помелу зерна досягають величин 200...300 кН на 1 м довжини вальця. Крім того, матеріал вальця повинен бути таким, щоб можна було зробити на його поверхні дрібні борізки спеціального профілю – рифлі. Певною мірою цим вимогам відповідають вальці, які роблять способом відцентрового литва із нікельхромистого чавуну, який має хімічний склад:  $C = 3,2...3,7 \%$ ;  $Si = 0,4...0,8 \%$ ;  $Mn = 0,2...0,8 \%$ ;  $Cr > 0,35 \%$ ;  $Ni = 0,5...0,8 \%$ ;  $S < 0,14 \%$ ;  $P < 0,5 \%$ . З такого чавуну відливають вальці з шаром вибіленого чавуну завтовшки 10 мм і більш, твердістю поверхні 55–65 одиниць за Шором.

Крім рифлених вальців, для подрібнення (плющення) зерна застосовують вальці з шорсткістю робочої поверхні в межах 40...60 Rz.

Верстат працює так. Зерно або проміжний продукт (крупка), що надходить з пневмотранспортної системи або з живильного бункера (на рис. 4.38 не показано), рівномірно подається живильним валком 3 в щілину між робочими вальцями. Зернівки захоплюються вальцями, що обертаються, і подрібнюються силами стиску, зсуву і тертя. Щоб втягування зерна вальцями відбувалось, втягувальні сили мають бути більшими за виштовхувальні. Кут затягнення  $\alpha$ , при якому частинки втягуються в щілину між валці залежить від розмірів частинок  $d$ , величини зазору і діаметрів вальців  $D$ .

Отже, при фіксованому зазорі встановлюється певне співвідношення між діаметром вальців  $D$  і розміром частинок  $d$ . Частинку кулястої форми із робочої зони гладеньких вальців (рис. 4.41, а) виштовхує сила  $P = 2N \sin \alpha$ , яка дорівнює сумі проекцій на вертикальну вісь нормальних реакцій  $N$  в точках контакту частинки з вальцями. Затягує частинку між вальці сумарна сила тертя  $P_f = 2Nf \cos \alpha$ . Процес затягування частинки відбуватиметься при умові

$$2Nf \cos \alpha > 2N \sin \alpha, \quad (4.40)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя-ковзання частинки об робочу поверхню вальців.

З виразу (4.40) маємо

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} < f, \text{ або } \operatorname{tg} \alpha < \operatorname{tg} \varphi. \quad (4.41)$$

Тобто, кут затягнення  $\alpha$ , мусить бути меншим кута тертя  $\varphi$  частки об робочу поверхню вальців.

Виразимо відстань між вальцями (рис. 4.41, а) через їх діаметри і зазор та прирівняємо її до суми проекцій відрізків, проведених з центрів вальців до центра частки

$$D + \delta = (D + d) \cos \alpha, \quad (4.42)$$

звідки

$$D = \frac{d \cos \alpha - \delta}{1 - \cos \alpha}. \quad (4.43)$$

Граничне значення діаметра вальців буде за умови  $\alpha = \varphi$ , тобто

$$D_{\min} = \frac{d \cos \varphi - \delta}{1 - \cos \varphi}. \quad (4.44)$$

Розраховані за формулою (4.44) граничні значення діаметрів вальців для подрібнення зерна злакових культур на борошно знаходяться в межах 25...87 мм. На практиці застосовують вальці з діаметрами в межах 150...250 мм, що обумовлено вимогою забезпечення високої жорсткості вальців на згин. Гладенькі валки для плюювання зерна роблять діаметром від 400 до 800 мм. Кут затягнення чавунних вальців становить 12...21°.

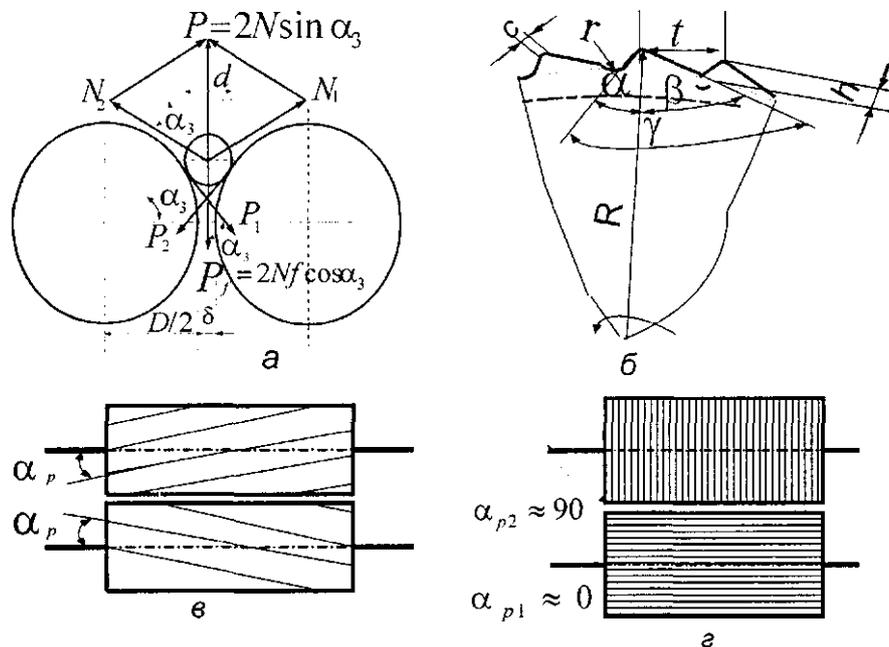


Рис. 4.41. Схема сил, що діють на зернівку (а) і форма та розміщення рифлів (б, в, г)

Крім гладеньких, для подрібнення зерна застосовують нарізні вальці (рис. 4.41, в, г), на поверхню яких наносять рифлі різного профілю і розмірів. Рифлені вальці інтенсифікують процес подрібнення, розколюють і роздавлюють частинки матеріалу і мають різні параметри в залежності від місця розташування вальцювого верстата в розмельному відділенні млина. Найкрупніші рифлі мають вальці верстата, які подрібнюють безпосередньо зерно (верстат першої системи дертя).

Рифлі нарізають спеціалізованими шліфувальними станками. Параметри рифлів (рис. 4.41, б, в) вибирають згідно із рекомендаціями:  $\alpha = 20^\circ$  – кут передньої грані, град;  $\beta = 20^\circ$  – кут спинки, град;  $\gamma = 90^\circ$  – кут загострення, град;  $c = 0,1 \dots 0,15$  – фаска, мм. Кут нахилу рифлі: для подрібнювачів систем дертя на млині  $\alpha_p = 2 \dots 12^\circ$  (рис. 4.41, в), крупоруюшок  $\alpha_{p1} \approx 0$ ,  $\alpha_{p2} \approx 90^\circ$  (рис. 4.41, г). Крок  $t$  і висота  $h$  рифлів, мм:

$$t = 10 / z; \quad (4.45)$$

$$h = [(t - 0,1) / \pi] - 0,28 r, \quad (4.46)$$

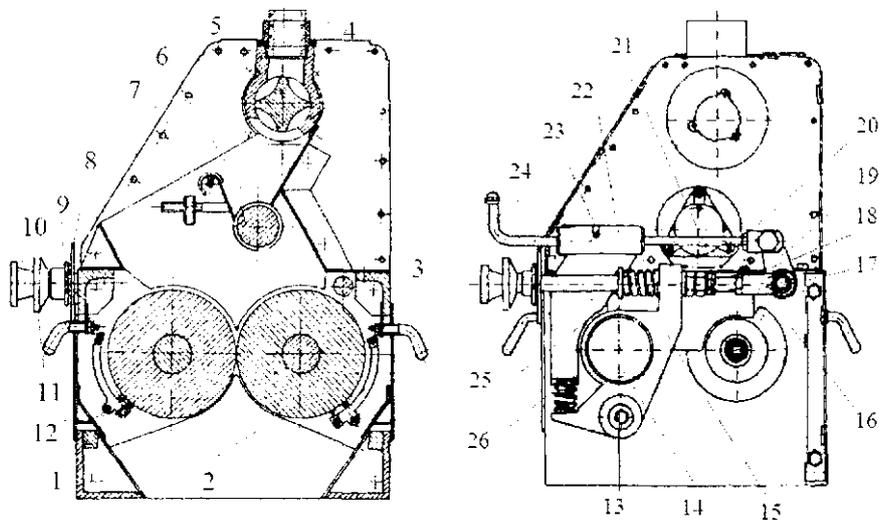
де  $z = 4...12$  – кількість рифлів на 10 мм довжини кола, шт.

Вальці мають різну швидкість обертання (до 20 %), максимальна колова швидкість швидкохідного вала – 6 м/с. При різній швидкості обертання вальців поряд з роздавлюванням відбувається сколювання і розтирання продукту, виділяється велика кількість теплоти, тому вальці потужних станків деяких фірм виготовляють порожнистими, з системою водяного охолодження. Воду для охолодження подають всередину вальців через кільцеві канавки і радіальні отвори в підшипникових опорах.

**Механізми регулювання.** Важливим вузлом конструкції верстата є механізм регулювання зазору між вальцями (рис. 4.42), яким змінюють відстань між робочими поверхнями вальців відповідно до вимог помелу, а також швидко зближують вальці до величини робочого зазору між ними або розводять їх на початку і в кінці помелу продукту. Цим механізмом, можливо з деякими непринциповими конструктивними відмінностями, оснащено більшість вальцьових станків сільськогосподарського призначення. Він складається з двох кінематичних зв'язаних ланок, одна з яких служить для регулювання паралельності і величини робочого зазору вальців, а друга – для швидкого зближення (віддалення) вальців на початку і в кінці помелу.

Ланка регулювання робочого зазору (надалі механізм) за допомогою важільної передачі сполучена з поворотним ексцентриковим валом 17 ланки (механізму) швидкого зближення (привалу) і віддалення (відвалу) вальців. За допомогою насадки 16 до хвостовика ексцентрикового вала під'єднано регулювальний стрижень 18. Через отвір у важелі балансира 15 проходить порожнистий шток з пружиною 25, яку сильно натягують гайками 20. Силу натягу пружини роблять більшою ніж результуюча сила від тиску продукту на вальці.

Регулювальний стрижень 18 з різьбою на хвостовику проходить через порожнистий пружинний шток. На хвостовик штока нагвинчено маховичок 11 до упору в торець пружинного штока. До маховичка маховичка прикріплена стрілка 9 для відліку величини зазору під час



*Рис. 4.42. Типова конструкція верстага з неавтоматизованим механізмом регулювання зазору між вальцями:*

- 1 – основа; 2 – робочі вальці; 3 – люк; 4 – живильний патрубок; 5 – шлюзовий живильник; 6 – живильний валок; 7 – заслінка; 8 – шкала; 9 – стрілка для відліку величини зазору; 10 – стопорний диск; 11 – маховичок; 12 – шітка;  
 13 – вісь балансира; 14 – опора вальця; 15 – балансир; 16 – головка;  
 17 – ексцентриковий вал; 18 – стрижень; 19 – важіль; 20 – гайка; 21 – тяга;  
 22 – напрямна; 23 – палець; 24 – рукоятка; 25, 26 – пружина

регулювання. Обертанням маховичка вправо приводять в обертовий рух балансир 15 відносно осі 13. Разом з балансиром переміщується корпус підшипника вальця 14, зазор між вальцями зменшується. Величину зазору відраховують за шкалою 8 з цифровим градуюванням, яка укріплена нерухомо на передній стінці кожуха верстага.

Обертанням маховичка вліво відбувається протилежне переміщення балансира 15 з корпусом підшипника вальця 14 і зазор збільшується. Переміщення балансира разом з корпусом підшипника вальця в початкове положення здійснюється стиснутою пружиною 26. Після регулювання зазору маховичок фіксують стопорним фрикційним диском 10. Перераховані вузли конструкції знаходяться з обох боків вальців, тому положення балансірів з підшипниковими опорами рухомого вальця

регулюють окремо. Регулювання здійснюють поворотами балансирів з двох сторін, добиваються паралельної установки вальців і величини зазору між ними, відповідно до вимог помелу за крупністю.

Під час попадання між вальці сторонніх твердих предметів, пружини 25 стискаються, балансири відводять валок з рухомими опорами від вальця з нерухомими опорами, і цим запобігають пошкодженню робочої поверхні вальців.

Механізм відвалу і привалу вальців складається з ексцентрикового вала 17 з важелями 19, тяги 21, рукоятки ручного управління 24 і пальчикової муфти з напрямною 23. В момент подачі зерна в робочу зону вальців, рукоятку 24 вручну переміщують від себе вперед до упору, потім повертають на чверть оберту. Палець рукоятки заходить в проріз муфти, переміщає її вперед і приводить в рух важіль ексцентрикового вала, який через регулювальні стрижні приводить в рух балансири з корпусами підшипників і таким чином вальці будуть приведені в робочий стан. При зупинці подачі зерна, оператор переміщає рукоятку на себе, відбуваються рух ланок механізму в зворотному напрямку за рахунок енергії стиснутих пружин балансирів; зазор між вальцями збільшується і не уможливується торкання їх рифлів.

В багатьох сучасних конструкціях вальцьових верстатів застосовуються механізми автоматичної дії регулювання зазору між вальцями. Ці механізми можна розділити на три групи.

1. Механічні автомати для грубого відвала вальців і зупинки механізму живлення при припиненні надходження продукту в приймальний бункер верстата. Ці автомати захищають рифлі вальців від передчасного зносу, який відбувається у випадках обертання вальців без подрібнюваного продукту, але не позбавляють обслуговуючий персонал від безперервного спостереження за роботою верстата.

2. Механічні, електромеханічні, гідравлічні, електропневматичні автомати для грубого відвала-привалу вальців з автоматичною зупинкою і пуском механізму живлення у зв'язку з припиненням або відновленням надходження продукту в бункер верстата. Деякі з конструкцій цих автоматів забезпечують зупинку лінії при накопиченні подрібненого продукту під вальцями, перевантаженні приводного електродвигуна, завалі подрібненим продуктом пневмоприймача тощо. Ця

група автоматів не тільки захищає рифлі від передчасного зносу, але і значною мірою полегшує працю персоналу, обслуговуючого вальцьові верстати. Крім того, унеможлиблюється загоряння продуктів у верстаті через тертя вальців об продукт, що накопився з тієї або іншої причини під ними.

У конструкції цих автоматів дуже важливо передбачити, щоб при відвалі вальців виключення механізму живлення відбувалося з деяким запізненням, а під час привалу – з деяким випередженням. В цьому випадку за відсутності продукту поверхні вальців не торкатимуться, що усуне непродуктивний їх знос.

3. Електромеханічні автомати для стабілізації заданого режиму подрібнення на даній парі вальців. Ця група автоматів, як правило, є доповненням до автоматів другої групи і створює передумови до стабілізації режиму помелу в розмельному відділенні млина.

**Приводи вальцьових верстатів.** Привод швидкохідних вальців найчастіше здійснюють клинопасовою передачею від індивідуальних електродвигунів, а тихохідного вальця – закритою зубчастою косо-зубою передачею (рис. 4.43), груповий (рис. 4.44) і привод кожного вальця безпосередньо від електродвигуна через еластичну муфту.

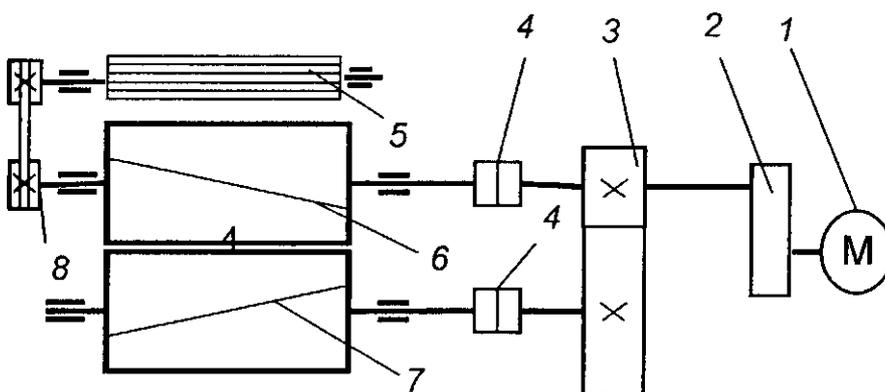


Рис. 4.43. Схема приводу вальцьового верстата млина:

1 – електромотор; 2, 8 – клинопасова передача; 3 – косо-зубчаста передача;  
4 – муфта; 5 – живильний валок; 6, 7 – робочі вальці

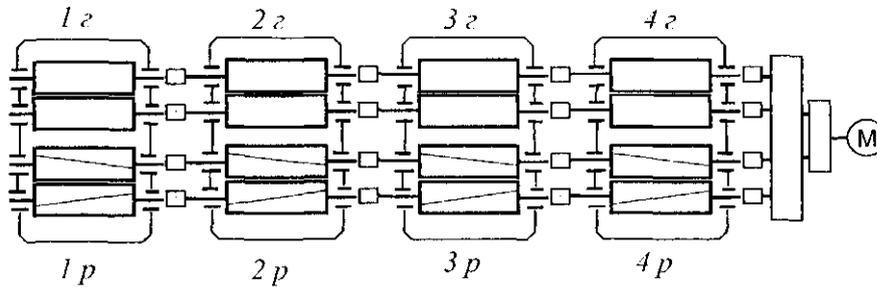


Рис. 4.44. Груповий привод вальцових верстатів:  
1р... 4р – рифлені вальці; 1г... 4г – гладенькі вальці

У теперішній час на промислових млинах в основному застосовують перший тип приводу.

Груповий привод застосовується в агрегатних млинах малої продуктивності, з порівняно невеликою кількістю малогабаритних вальцових верстатів (до шести). Основними недоліками групового приводу є неможливість зупинки одного з верстатів, не вимкнувши всю групу верстатів і трудність в здійсненні автоматизації управління роботою кожного верстата. Єдиною перевагою групового приводу є дещо менша встановлена потужність електродвигуна, ніж сумарна встановлена потужність індивідуальних електродвигунів для однієї і тієї ж кількості вальцових верстатів. Третій тип приводу найбільш економічний, але він поки-що застосовується у верстатах з малими діаметрами вальців (185...190 мм) при невисоких колових швидкостях вальців (на високих колових швидкостях різко зростає шум від вальцового верстата).

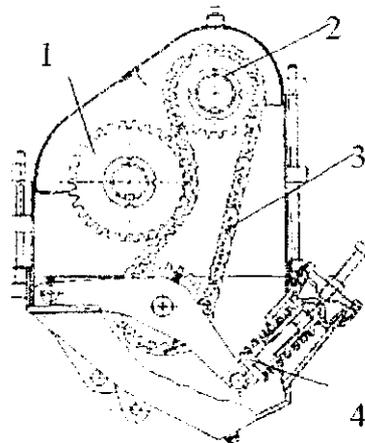


Рис. 4.45. Ланцюгова міжвальцова передача:  
1, 2 – приводні зірочки; 3 – ланцюг; 4 – натяжний пристрій

Міжвальцьові передачі конструктивно виконують в таких варіантах: зубчастий косозубий редуктор (рис. 4.43); клинопасова або ланцюгова передача (рис. 4.45); карданна передача.

Недоліки зубчастої косозубої передачі (рис. 4.43) такі:

- міжцентрова відстань зубчатих коліс передачі змінюється зі зміною величини зазору між вальцями, що є однією з основних причин інтенсивного зносу зубчатих коліс і великого шуму при їх роботі;
- необхідно виготовляти до 58 типорозмірів зубчастих коліс для передачі, оскільки кожного разу після перешліфування вальців необхідно міняти зубчаті колеса.

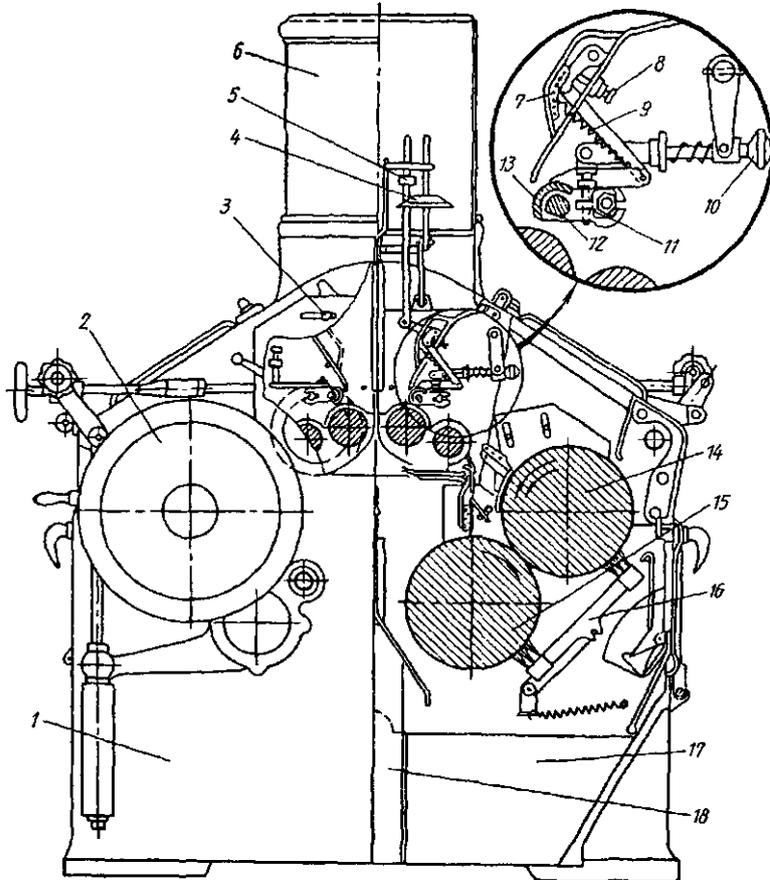
Для ланцюгової передачі використовують втулково-роликівий ланцюг багаторядний або двосторонній зубчатий. При високій точності виготовлення зірочок і ланцюга, а також ретельному монтажу цієї передачі (відсутність перекосів зірочок передачі) вона достатньо довговічна. Переваги її перед зубчастою косозубою в тому, що зміна величини зазору між вальцями не впливає на роботу передачі, тобто після перешліфування вальців немає необхідності міняти які-небудь деталі передачі, а слід лише змінити натяг ланцюга.

Перспективною для застосування є карданна двошарнірна передача. У такій передачі зміна міжцентрової відстані вальців компенсується зміною ухилу плаваючого вала. Єдиним її недоліком є збільшення габаритних розмірів верстата.

**Вальцьові верстати ЗМ-2, БВ-2** складаються з двох автономних половин. Більшість механізмів, вузлів і деталей в них взаємозамінні. Верстати комплектують рифленими і гладенькими вальцями діаметром 250 мм зі сталевими цапфами. Робочі вальці розташовані діагонально під кутом 45°.

Стапіна верстата **ЗМ-2** (рис. 4.46) складається з двох чавунних щоківин 1, двох верхніх повздовжніх косинців, нижніх сполучних стінок, центральної траверси і горловини, з'єднаних у єдину жорстку конструкцію.

Верстати **ЗМ-2** і **БВ-2** оснащені електромеханічним автоматом регулювання зазору між вальцями і механічними вимірювальними перетворювачами автоматичного регулювання продуктивності (живлення).



**Рис. 4.46. Вальцовий верстат 3М-2:**

1 – щокovina станини; 2 – відомий приводний шків; 3 – автомат привалу-відвалу; 4 – вимірювальний перетворювач автомата; 5 – вимірювальний перетворювач механізму автоматичного регулювання живлення (продуктивності); 6 – прийомна труба; 7 – планка пружини; 8 – болт-обмежувач; 9 – пружина вимірювального перетворювача; 10 – гвинт ручного регулювання; 11 – ексцентрикова втулка; 12 – коромисло; 13 – живильна заслінка; 14 – швидкохідний валець; 15 – тихохідний валець; 16 – щітка; 17 – бункер; 18 – аспіраційна коробка

Живильною заслінкою 13 регулюють подачу подрібненого продукту на розподільний валик, який має дугоподібну форму і обертається на осях коромисла 12. Коромисло являє собою зрізаний циліндр з двома кронштейнами по боках, якими кріпиться до станини. Осі коромисла з'єднані різьбою з ексцентриковими втулками 11, за допомогою яких регулюють зазор між живильною заслінкою і дозуючим валиком.

З правим кронштейном коромисло з'єднане гвинтом 10 ручного регулювання зазору. За допомогою важеля, втулка якого вільно сидить на гвинті 10, коромисло зв'язане з автоматом для відкриття (закриття) щілини під час привалу (відвалу) вальців. На лівому кронштейні коромисла закріплена планка, що упирається в болт і цим обмежує опускання коромисла з заслінкою, запобігаючи торканню заслінки дозуючого валика при закриванні щілини. Болтом на плиті лівої щоківини станини, можна встановити величину необхідного мінімального зазору.

При ручному регулюванні величини живильного зазору заслінку 13 опускають або піднімають гвинтом 10 разом з коромислом 12. Заслінка кінематично з'єднана за допомогою планки і важелів з вимірювальним перетворювачем 5, розташованим у прийомній трубі верстата. Тиск від продукту передається на вимірювальний перетворювач, заслінка повертається на потрібну величину, стискаючи пружину 9.

Рівень продукту в прийомній трубі може бути стабілізований на визначеній висоті в межах оглядового вікна труби, при цьому заслінка займе по відношенню до коромисла якесь проміжне положення. Якщо ж у верстат почне надходити більше продукту і рівень його в трубі підвищиться, збільшиться тиск на вимірювальний перетворювач, він поверне заслінку, живильна щілина збільшиться і рівень продукту в трубі займе заданий. Якщо ж надходження продукту зменшиться і рівень його почне падати, то щілина прикриється під дією стиснутої пружини вимірювального перетворювача. Рівень продукту в трубі й у цьому випадку стабілізується.

Межі відхилення заслінки при збільшенні живильного зазору залежать від положення упорного болта 8, основне призначення якого – обмеження максимальної продуктивності верстата за потужністю встановленого електродвигуна. Механізм автоматичного живлення дозволяє регулювати продуктивність у межах  $\pm 30\%$  від номінального

значення. Зміною попереднього натягу пружини 9, перестановкою її верхнього кінця в один з отворів планки 7, регулюють рівень продукту в прийомній трубі.

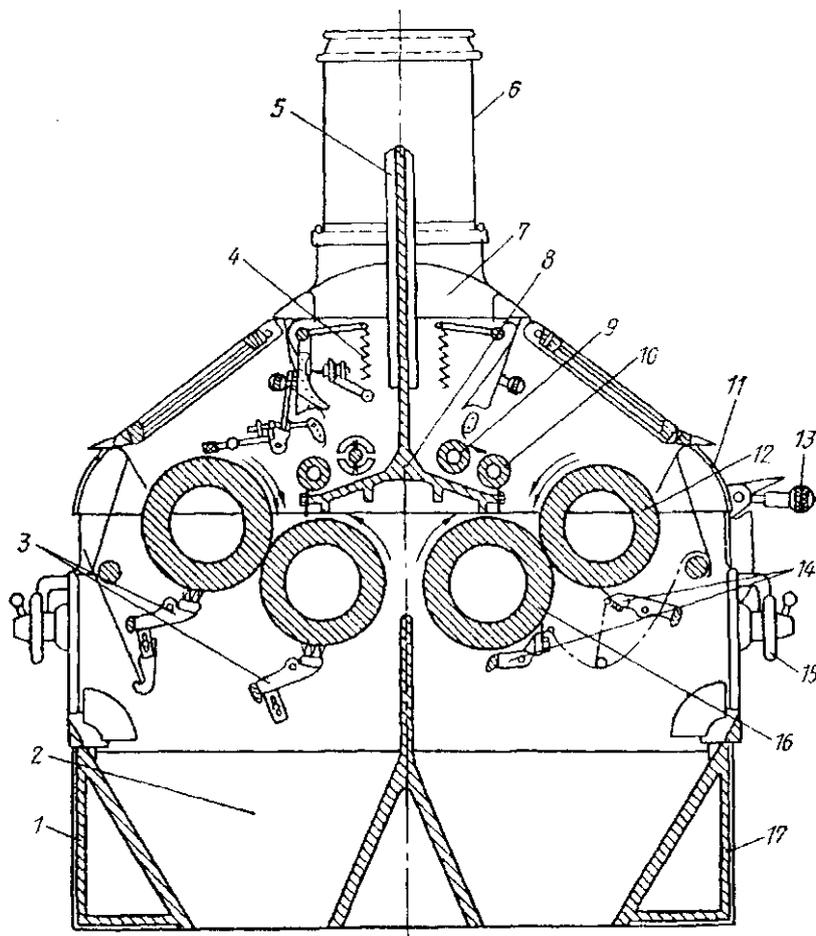
**Вальцьовий верстат А1-БЗН** (рис. 4.47) аналогічний верстатові ЗМ-2, але в ньому вальці розташовані під кутом  $30^\circ$  до горизонту, що покращує умови завантаження продукту між вальці, але збільшує ширину машини.

Привод швидкохідного вальця кожної половини верстата здійснюється від електродвигуна клинопасовою передачею з пасами типу А. Діаметр ведучого шків на електродвигуні для нарізних вальців 140 мм, а для гладеньких – 125 мм, діаметр веденого шків 315 мм. На маточині веденого шків за допомогою двох гвинтів кріплять складений із сферичних накладок ведучий шків плоскої пасової передачі приводу живильного механізму.

Технічна характеристика вальцьових верстатів вітчизняного виробництва наведена в таблицях 4.7, 4.8.

Привод тихохідного вальця зубчатою закритою косозубою передачею з шириною коліс 55 мм. Кут нахилу зубів  $16^\circ 15'$ . Нормальний модуль зчеплення – 6 мм, а кут зачеплення  $15^\circ$ . Зубчасті колеса підбирають відповідно міжосьовій відстані вальців. Їх закріплюють як і шків на півосях вальців, клиновими шпонками. Верстат А1-БЗН оснащено автоматичним механізмом регулювання зазору пневматичної дії, який не потребує розміщення в приймальних трубах механічного вимірювального перетворювача, умови живлення верстата подрібнюваним продуктом краші.

**Вальцьовий верстат ВМ2-П** (рис. 4.48, табл. 4.8) застосовують для подрібнення зерна і проміжних продуктів на млинах сільськогосподарського призначення. Верстат складається з двох автономних половин. Основними робочими органами вальцьового верстата є дві пари горизонтально розташованих робочих вальців. Привал вальців здійснюється вручну, відвал – автоматично. Механізм автоматичного відвала виконує наступні функції: включає і виключає привод живильних валків, відвал рухомого вальця, закриває або відкриває живильну заслінку. Верстат оснащений системою аспірації. Технічна характеристика верстага наведена в таблиці 4.9.



**Рис. 4.47. Схема вальцевого верстата А1-БЗН:**

1 – шоківина станини; 2 – бункер; 3 – щітки для очищення рифлених вальців; 4 – механізми живлення; 5 – вимірювальний перетворювач механізму регулювання зазору між вальця; 6 – прийомна труба (циліндр); 7 – горловина; 8 – верхня середня траверса; 9, 10 – живильні валки; 11 – верхня панель; 12 – швидкохідний валець; 13 – рукоятка ручного привалу; 14 – ножі для очищення гладеньких вальців; 15 – штурвал механізму регулювання паралельності вальців; 16 – тихохідний валець; 17 – основа

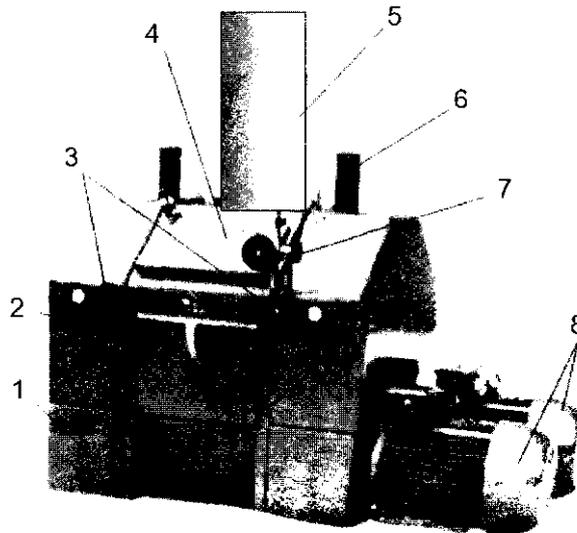
Таблиця 4.7

## Технічна характеристика вальцювих верстатів промислових млинів

	3М-2			БВ-2			А1-Б3Н
	25×100	25×80	25×60	25×100	25×80	25×60	
Продуктивність (т/доб.) однієї половини при максимально припустимій потужності електродвигуна, не менше	100	80	60	100	80	60	80
Номінальний діаметр вальця, мм	250	250	250	250	250	250	250
Довжина вальців, мм	1000						
Максимальна потужність (кВт) електродвигуна для кожної половини при діаметрі (мм) приводних шківів: 145 (130), 315 200, 400 200, 500	— 22 15	— 18,5 10	— 15 7,5	— 22 15	— 18,5 10	— 15 7,5	18,5 — —
Витрата повітря на аспірацію, м <sup>3</sup> /год.	600	600	600	—	—	—	600
Частота обертання (об/хв.) швидкохідного вальця системи: — дёртя — розмельних	480 390	490 390	490 390	490 390	490 390	490 390	470 415

Продовження табл. 4.7

	ЗМ-2				БВ-2			АІ-БЗН
	25×100	25×80	25×60	25×100	25×80	25×60	25×60	
Колова швидкість (м/с) швидкохідного вальця системи: - дертя - розмельних	6,4 5,1	6,15 5,4						
Відношення колових швидкостей вальців системи: - дертя - розмельних	2,5 1,5	2,5 1,25						
Привод верстата	Клинопасовий, тип В							Клинопасовий, тип А
Міжвальцова передача	Зубчаста косозуба							
Ширина коліс, мм;	100							55
Матеріал: - шестерні - колеса	сталь чавун							сталь чавун
Габарити* (не більш), мм: довжина ширина висота	2230 1470 1320	2030 1470 1320	1830 1470 1320	2230 1630 1530	2030 1630 1530	2230 1630 1530	2030 1830 1630 1530	2030 1700 1400
Маса верстата** (не більше), кг	3450							2700



**Рис. 4.48. Загальний вигляд вальцювого верстата VM2-П:**  
 1 – основа; 2 – люк; 3,7 – штурвали механізму регулювання зазору між вальцями; 4 – оглядовий люк; 5 – живильний патрубок; 6 – патрубки для аспірації; 8 – електродвигуни

*Технологічний розрахунок верстатів для помелу зерна на борошно.* На продуктивність верстата і показники якості процесу подрібнення впливають фактори:

- технологічні властивості зерна;
- геометричні і кінематичні параметри вальців;
- питоме навантаження на вальці.

Основною характеристикою розмельних відділень млинів є загальна довжина робочих вальців всіх вальцювих подрібнювачів.

Продуктивність  $Q$ , кг/год., розмельного відділення вальцювого млина визначають за формулою:

$$Q = qL / 24, \quad (4.47)$$

де  $q$ , кг/(м·доб.) – питоме навантаження на 1 м довжини вальця на добу (табл. 4.9).

Таблиця 4.8

## Технічна характеристика малогабаритних вальцювих верстатів

Показники	Р6-ВС 185x170/250	Р6-ВС-4 185x170/250	ВМ2-П 185x400	ВС 250x600/1000	Хартоник-4/5
Продуктивність, * т/доба	12/32	12/32	40...45	48/84	48/84
Число обертів швидко- хідного вальця, об/хв.:	930	930	930	420...460	440
– гладенького	930	930	930	395...415	400
Витрата повітря на аспірацію, м <sup>3</sup> /год.	150/250	150/250	400	400/600	400/600
Довжина вальця, мм	170/250	170/250	400	600/1000	800/1000
Встановлена потуж- ність, кВт	2,2/3,0	4,0...5,5	5,5...11,0	11,0/22,0	11,0/ 7,5...18,5
Габарити, мм:					
довжина	610	610	1050	2200/2000	1576/1780
ширина	606/686	626/696	1050	1500	883/1520
висота	750	115	1540	1750/1900	1979/2300
Маса, кг	270	350	1000	2000/2600	2040/4000

\* Приведені дані при роботі верстата в першій системі дертя.

Загальна довжина робочих вальців, м,

$$L = 24 \cdot Q/q. \quad (4.48)$$

Довжину робочих вальців верстатів системи дертя і розмільної системи визначають за такими формулами:

$$L_{\delta} = L/(K+1);$$

$$L_p = K \cdot L/(K+1).$$

Таблиця 4.9

## Питомі навантаження і параметри рифлів вальцьових верстатів

Система	Питоме навантаження, т/(м · добу)	Питома потрібна потужність, кВт/см	Кількість рифлів на 1 см довжини окружності вальців	Ухил рифлів, %
I система дертя	80-120	0,185-1,200	3,5-4,5	4-6
II » крупна	60000-90000	0,225-0,240	4,0-5,5	4-6
II » дрібна	600-900	0,135-0,155	4,0-5,5	4-6
III »	400-600	0,205-0,225	5,0-6,5	4-6
IV » крупна	250-300	0,175-0,210	5,5-6,5	6-8
IV » дрібна	300-400	0,145-0,160	5,5-6,5	6-8
V »	200-300	0,140-0,155	6,5-8,0	7-8
VI »	120-150	0,115-0,125	7,5-8,5	7-8
VII »		0,135-0,155	7,5-8,5	8-9
1-ша шліфувана	300-400	0,070-0,080	9,0	6-8
2-га »	300-350	0,070-0,080	9,0	6-8
3-тя »	300-350	0,080-0,085	9,5	6-8
4-га »	200-300	0,080-0,095	10,0	6-8
5 і 6-га шліфувані		0,080-0,095	9,5-10,0	7-10
Вимольні		0,080-0,090	10,0	8-10
1, 2, 3, 4 і 5-та розмельні	180-300	0,105-0,115	10-11	6-8
6, 7 і 8-ма розмельні	125-200	0,105-0,115	10-11	8-10
9 і 10-та »	125-150	0,105-0,115	10-11	8-10
1-ша східна	180-250	0,100-0,110	10	8-10
2-га »	140-200	0,100-0,110	10	8-10

де:  $L_d, L_p$  – довжина вальців відповідно системи дертя і розмельної, м;  $K = 1,0 \dots 1,1$  – відношення довжини робочих вальців верстатів системи дертя і розмельної системи.

Довжина робочого вальця подрібнювача системи дертя

$$l_o = L_o / n_o, \quad (4.49)$$

а довжина вальця розмельної системи

$$l_p = L_p / n_p, \quad (4.50)$$

де:  $n_o, n_p$  – кількість вальцьових верстатів системи дертя  $n_o$  і розмельної  $n_p$  (для мінімлінів  $n_q = n_p = 3...4$ ).

З умови уніфікації вальцьових верстатів довжину всіх робочих вальців приймають однаковою, такою, що дорівнює більшому з визначених  $l_o, l_p$ , тобто

$$l = \max \{l_o, l_p\}. \quad (4.51)$$

Розрахункову продуктивність вальцьового подрібнювача  $Q$ , кг/год., визначають за формулою:

$$Q = 3,6 \cdot 10^3 \delta l v_{cp} \rho k, \quad (4.52)$$

де:  $\delta = 0,0006...0,0015$  – зазор між вальцями верстата, м;  $l$  – робоча довжина вальця, м;  $v_{cp}$  – середня швидкість руху продукту в зоні подрібнення, м/с:

$$v_{cp} = (v_{ua} + v_{mx}) / 2, \quad (4.53)$$

де:  $v_{ua}, v_{mx}$  – колова швидкість відповідно швидкохідного і тихохідного вальців, м/с;  $\rho$  – насипна маса зерна, кг/м<sup>3</sup>;  $k = 0,8$  – коефіцієнт щупнення розмельної зони.

Довжину робочого вальця  $l$ , м, розраховують за формулою:

$$l = Q \cdot 10^{-3} / (3,6 \delta v_c \rho k). \quad (4.54)$$

Серед геометричних, кінематичних і параметрів вальців найважливішими є:

- міжвальцьовий зазор;
- нахил рифлів вальців;
- щільність нарізування рифлів;
- колова і відносна швидкість вальців.

Величину міжвальцьового зазору вибирають в залежності від виду помелу і місця розташування верстата в межах 0,05...2 мм, нахил риф-

лів вибирають в залежності від місця розташування верстата в лінії в межах 4...14°. Кількість рифлів на 1 см дуги вальця приймають від 4 до 12 шт.

Потрібну потужність для приведення робочих вальців в дію визначають за формулою:

$$N_n = N_o l, \quad (4.55)$$

де  $N_o = 18...20$  -- питома потужність на 1 м довжини вальця, кВт/м.

Потужність, потрібна для приведення в рух живильних вальців, кВт

$$N_{ж} = 0,15N_n.$$

Загальна потужність, кВт

$$N = N_n + N_{ж} = 1,15N_n. \quad (4.56)$$

Кутова швидкість швидкохідного вальця, рад/с,

$$\omega_{шв} = 2v_{шв} / D, \quad (4.57)$$

де  $v_{шв} = 5,6...6,5$  -- колова швидкість швидкохідного вальця, м/с.

Кутова швидкість тихохідного вальця, рад/с,

$$\omega_{тх} = \omega_{шв} / k_n, \quad (4.58)$$

де  $k_n$  -- коефіцієнт зменшення швидкості (для систем дертя та подрібнювачів круп  $k_n = 2,5$ , для розмельних систем  $k_n = 1,1...1,6$ , для плющильних верстатів  $k_n = 1,0$ ).

У таблиці 4.9 приведені орієнтовані питомі навантаження, потужності і дані про рифлі вальців при сортових помелах пшениці.

**Плющильна установка А1-КПК** (рис. 4.49, табл. 4.10) призначена для плющення круп і зерна після їх гідротермічної обробки.

Установка складається із основи 8, двох плющильних вальців 11 з підшипниковими вузлами 3 і пристроєм охолодження вальців водою, приводу вальців 2, міжвальцьової передачі, механізму живлення 5 з автоматичним регулюванням подачі продукту і механізму регулювання зазору між вальцями 6, очищувачів вальців 10, віброопори 4, огорожі приводу 1, живильної труби 9, сигналізатора рівня продукту, гідравлічної системи управління тиску вальців на продукт та розведення вальців, бункерів 7 плющеного продукту.

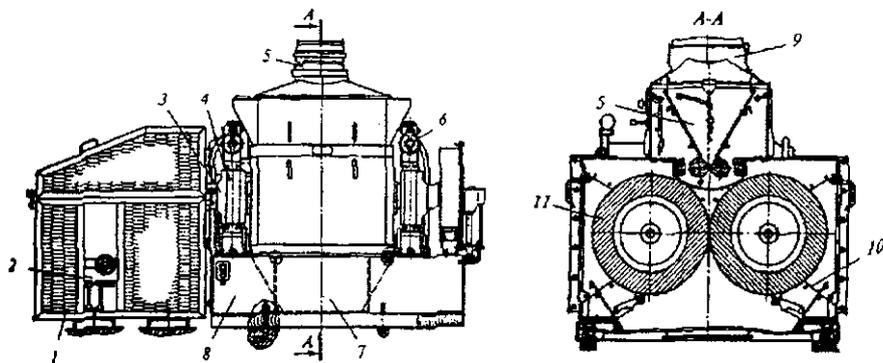


Рис. 4.49. Плющильна установка АІ-КПК:

- 1 – огорожа; 2 – електропривід; 3 – підшипникові вузли; 4 – віброопори;  
 5 – механізм живлення; 6 – механізм регулювання зазору; 7 – бункер;  
 8 – основа; 9 – живильна труба; 10 – ножі

Станина виконана з двох подовжніх штампувально-зварних балок, сполучених поперечними опорами, на які змонтовано корпуси підшипників плющильних вальців.

Кожен плющильний валець виконаний у вигляді порожнистого циліндра з прикріпленими до нього з обох торців цапфами. На кожному торці передбачені отвори із заглушками для балансування вальця. Підшипникові опори вальців виконані з роз'ємними корпусами, при цьому один валець має нерухому вісь обертання, а інший – рухому. Корпуси вальця з рухомою віссю обертання з'єднані з поперечними балками шарнірно, при цьому одна шарнірна опора виконана ексцентриковою для регулювання бічного зазору між зубцями шестерень міжвальцьової передачі. Привод вальців виконаний двоступеневим. Варіатор зроблено з регульованим ведучим шківом. Регулювання здійснюється переміщенням двигуна по напрямній за допомогою ходового гвинта. Варіатор разом з двигуном змонтовано на поворотній плиті, чим забезпечується натягнення клинових пасів другого ступеня. На протилежних від приводу кінцях плющильних вальців закріплені шестерні закритої міжвальцьової передачі.

Таблиця 4.10

## Технічна характеристика плющильної установки А1-КПК

Показники	Величина
Продуктивність, кг/год.	500
Товщина пластівців, мм	3...1,5
Розміри вальців, мм:	
діаметр	490
довжина	800
Частота обертання, об/хв.	
– робочих вальців	161...232
– живильних	25
Потужність електродвигуна, кВт	8,5
Витрата води на охолодження, м <sup>3</sup> /год.	0,6
Тиск оливи в гідроприводі, МПа.	10
Габаритні розміри, мм	
– довжина	2000
– ширина	1665
– висота	2000
Маса, кг	4500

Живильний механізм складається з двох валків, один з яких – з рухомою віссю обертання, інший – з нерухомою. Привод живильного механізму здійснений від плющильного вальця з нерухомою віссю обертання плоским пасом. Робоча поверхня валів виконана з гвинтовими поздовжніми рифлями. Автоматичне регулювання подачі необробленого продукту забезпечується автоматичною зміною зазору між живильними валками за допомогою кінематичної ланки важелів від сигналізатора рівня продукту. У початковому положенні (за відсутності продукту) живильні валки підтискаються один до одного пружиною, що знаходиться в системі важелів. Діапазон автоматичної зміни зазору між валами регулюється обмежувальним гвинтом.

Система управління тиску вальців на оброблюваний продукт і розведення вальців – гідравлічна, з гідроциліндром подвійної дії, шток і

кришка якого відкидними болтами сполучені з корпусами підшипників пліоцильних вальців.

Між рухомими корпусами вальців і різьбовими кінцями натяжних гвинтів розміщені пружинні амортизатори, що забезпечують безпечний прохід між вальцями чужорідних тіл розміром до 5 мм.

Для очищення вальців від налиплого продукту застосовуються ножі з вуглецевої інструментальної сталі, укріплені на чавунному корпусі. Корпус ножів шарнірно підвішений до камери, що забезпечує контакт ножів з поверхнями вальців за рахунок гравітаційних сил. Пристрій охолодження вальців складається з корпусу, прикріпленого до картера кожуха міжвальцьової передачі і трубки з краном для подачі води у внутрішню порожнину вальців. Вода з вальця в корпус зливається через насадку вкручену в різьбовий отвір цапфи.

Живильний патрубок має прозору стінку для візуального контролю за подачею продукту в машину. З'єднання патрубка з прийомною горловиною установки ущільнено гумовими кільцями. Бункер плющеного продукту прикріплений гвинтами до поздовжніх балок станини і бічних стінок камери. Аспірація машини забезпечується під'єднанням її до трубопроводу централізованої системи аспірації цеху. Для зниження вібрації, створюваної роботою установки, вона змонтована на дерев'яній рамі з гумовими прокладками.

Робота установки починається з пуску гідронасоса, який подає оливу з бака в золотник. Останній в знеструмленому стані під дією пружини з'єднає нагнітальну магістраль гідросистеми з безстиковою порожниною гідроциліндрів. Витиснені з гідроциліндрів штоки розведуть корпуси підшипників вальців, збільшивши тим самим зазор між ними до 6 мм і усунувши опір руху робочих вальців. Так забезпечується нормальний запуск двигуна приводу вальців. Після заповнення гідравлічної системи установки оливою, вона почне перепускатися запобіжним клапаном на злив в бак. Після запуску двигуна приводу вальців, продукт починає поступати з приймального бункера. Гравітаційна сила від продукту, передається виконавчому механізму сигналізатора рівня, який за допомогою мікровимикача, замкне ланцюг електромагніту золотника. При цьому золотник змінить напрямок потоку оливи, поршні почнуть втягувати штоки всередину гідроциліндрів,

унаслідок чого зближуватимуться корпуси підшипників вальців і зменшиться зазор між робочими вальцями.

Синхронно із зближенням робочих вальців автоматично включаються в роботу живильні валки, вони починають подавати продукт на плющення. Плющена крупа відводиться через конічний патрубок в бункер готової продукції. Приблизно через 30 хв. після початку роботи вступає в роботу система водяного охолодження вальців.

**Вальцьові подрібнювачі ядра олійних культур.** Щоб збільшити вихід олії, треба зруйнувати оболонки клітин олієвмісних частинок рушанки (цілого і битого ядра) і в такий спосіб зменшити внутрішні сили, які утримують олію в клітинах ядра. Для цього рушанку подрібнюють вальцьовими і фальшовочними верстатами. Подрібнена рушанка називається м'яткою. Для подрібнення рушанки в технологічних лініях с.-г. призначення застосовують три- і чотиривальцьові верстати (плющилки) (рис. 4.50, 4.51), які працюють в комплекті з фальшовочними верстатами (рис. 4.52). На промислових олійно-жирових заводах застосовують п'яти (рис. 4.53) і шестивальцьові верстати.

В тривальцьовому верстаті (рис. 4.50,а) підшипникові опори середнього вальця закріплені нерухомо на станині, а верхнього і нижнього – на підпружинених важелях 3 з гвинтовими регуляторами тиску на подрібнений продукт.

В чотиривальцьовому верстаті (рис. 4.51, табл. 4.11) всі чотири вальці приводяться в рух від електроприводу ланцюговими передачами 14 і обертаються з однаковою швидкістю.

Корпус підшипникових опор (букси) 17 вальців змонтовані рухомо у вертикальних напрямних стояках 3, центри вальців один відносно іншого зміщені по горизонталі на невелику відстань (10 мм) за рахунок установки сталених пластин на відповідні щоби букс. Напрямок зміщення для кожного валка змінюють послідовно. Зміщення вальців покращує умови затягування ними подрібнюваного матеріалу і забезпечує більш плавну їх роботу. Букси верхнього вальця підпружинені, між середніми буксами по вертикалі установлені гвинтові домкрати 15 для регулювання зазорів між вальцями. Живильний валок 6 приводиться в рух клинопасовою передачею від робочого верхнього вальця.

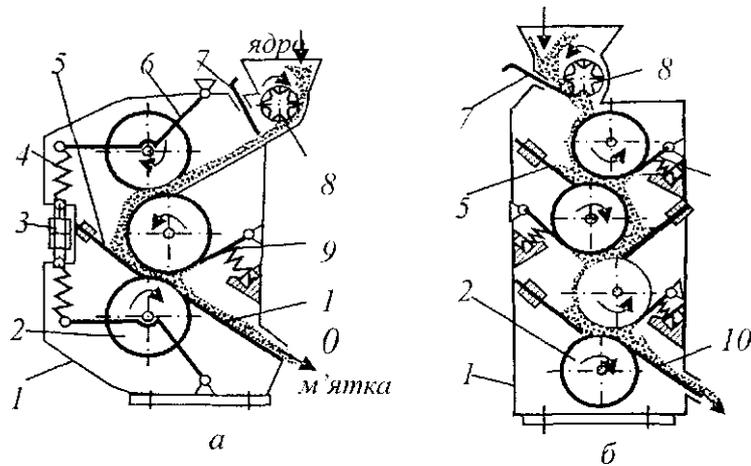


Рис. 4.50. Схеми тривальцьового (а) і чотиривальцьового (б) верстатів для подрібнення насіння олійних культур:

- 1 – станина; 2 – валок робочий; 3 – домкрат; 4 – пружина; 5 – полиця;  
6 – важіль; 7 – заслінка; 8 – живильний валок; 9 – ніж; 10 – лоток

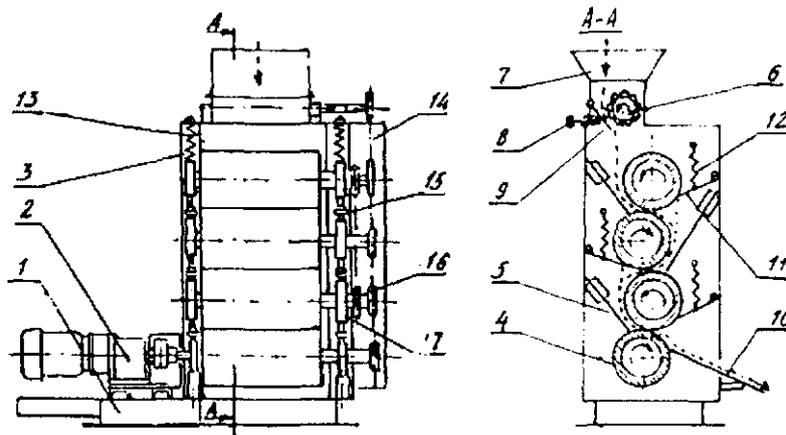


Рис. 4.51. Вальцьовий верстат ХЦ,21.00.00.00:

- 1 – рама; 2 – привод; 3 – стояки; 4 – робочі валки; 5 – напрямні щитки;  
6 – живильний валок; 7 – бункер; 8 – гвинт; 9 – заслінка; 10 – лоток;  
11 – ножі; 12, 13 – пружини; 14 – клинопасова передача; 15 – домкрати;  
16 – ланцюгова передача

Таблиця 4.11

**Технічна характеристика чотиривальцьового верстата  
ХЦ.21.00.00.00**

№ п/п	Параметри	Характеристика або числове значення
1	Продуктивність, кг/год.	250
2	Електропривід: – мотор-редуктор – число обертів вихідного вала, об/хв.	ІМЦ 2С-80-36Ц 36
3	Електродвигун: – тип – потужність, кВт	АИР90L6 1,5
4	Діаметр вальців, мм	300
5	Довжина вальців, мм	360
6	Число обертів вальців, об/хв.	36
7	Габаритні розміри, мм – довжина – ширина – висота	1360 800 2160
8	Маса, кг	1000

Вальцьові верстати оснащені щитками для підведення робочої маси в простір між вальці і ножами для очистки вальців від м'ятки, яка прилипає до них в процесі роботи.

Верстати працюють так. Лущене насіння, що знаходиться в живильному бункері, живильним валком самопливом рівномірно подається в робочу зону верхньої пари вальців, де за рахунок стиску і тертя подрібнюється на крупну крупку. Подрібнений продукт з першої пари вальців поступає на напрямний щиток звідки направляється в наступну робочу зону суміжних вальців з меншим зазором між ними, де повторно подрібнюється. Таким чином, оброблюєий продукт послідовно подрібнюється три рази в чотирьох і два рази в трьохвальцевому верстаті. Робочі зазори між вальцями регулюються домкратами 15 (рис. 4.51). Продуктивність верстатів регулюється зміною зазору між живильним валком і регулювальною заслінкою. При попаданні в робочу зону валь-

ців твердих сторонніх предметів, підпружинені вальці переміщуються, пропускають їх і за рахунок стиснутих пружин повертаються в робоче положення.

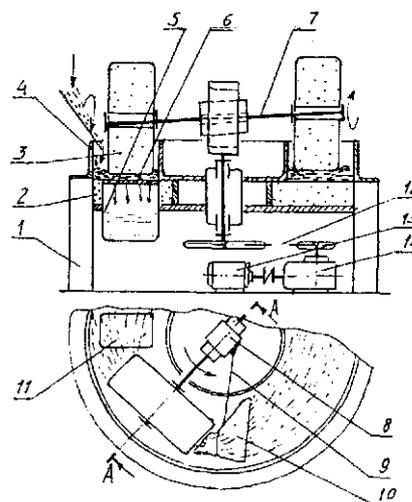
**Фальвовчний верстат** (рис. 4.52) призначений для тонкого подрібнення м'ятки розчавлюванням і перетиранням. Робочим органом верстата є два камені (бігуни) 3 і нерухомий камінь 2 з горизонтальною робочою поверхнею. Робоча зона верстата огорожена зварною конструкцією 4 з ванною 5, в дні якої зроблено отвір із заслінкою 6 для видалення обробленої м'ятки з машини. Бігуни приводяться в рух від вертикального вала шарнірним з'єднанням – поступальна пара з вертикальною напрямною і повзуном, через який проходить вісь бігунів. Таке з'єднання забезпечує вертикальні і кутові переміщення осі з бігунами відносно нерухомого горизонтального каменя при неоднаковому скопиченні м'ятки під бігунами.

Для перемішування і подавання робочої маси під бігуни, а також для вивантажування обробленої м'ятки з робочої зони каменів через отвір у ванні верстат має скребки 10, які приводяться в рух від вертикального вала за допомогою спеціальних штанг 9.

Робочий процес починається із завантаження жолоба верстата порцією м'ятки. При вологості м'ятки меншій 16 %, м'ятку зволожують

Рис. 4.52. Схема фальвовчного верстата:

- 1 – станина; 2 – камінь; 3 – бігун;
- 4 – огорожа; 5 – ванна; 6 – заслінка;
- 7 – вісь; 8 – шарнірне з'єднання;
- 9 – штанга; 10 – скребок; 11 – вікно;
- 12 – ланцюгова передача;
- 13 – двигун; 14 – редуктор



водою і доводять її вологість до 16 %. Котки перскочуються по робочій горизонтальній поверхні жолоба, розчавлюють і перетирають м'ятку. Білки м'ятки при цьому насичуються водою і набухають, частково виділяється олія, яка перемішується з м'яткою скребками. В кінці обробки відкривають заслінку 6 і скребками 10 оброблена м'ятка вигортається з робочої зони машини у ванну 5, звідки направляється на подальшу обробку в жаровню.

**П'ятивальцьовий верстат ВС-5** (рис. 4.53, табл. 4.12). Основні робочі органи верстата **ВС-5** – п'ять вальців 3 з вибіленого чавуна діаметром 400 і довжиною 1250 мм. Кожен валець являє собою пустотілий циліндр із запресованим в нього сталевим валом. Надійність з'єднання чавунного вальця і сталевого вала без провертання, забезпечується додатковою установкою на валові шпонки. На обох кінцях вала встановлені дворядні сферичні підшипники. Така схема опор під час роботи забезпечує вільну самоустановку вальців при проходженні матеріалу в зазорі між ними різної товщини і щільності. Положення

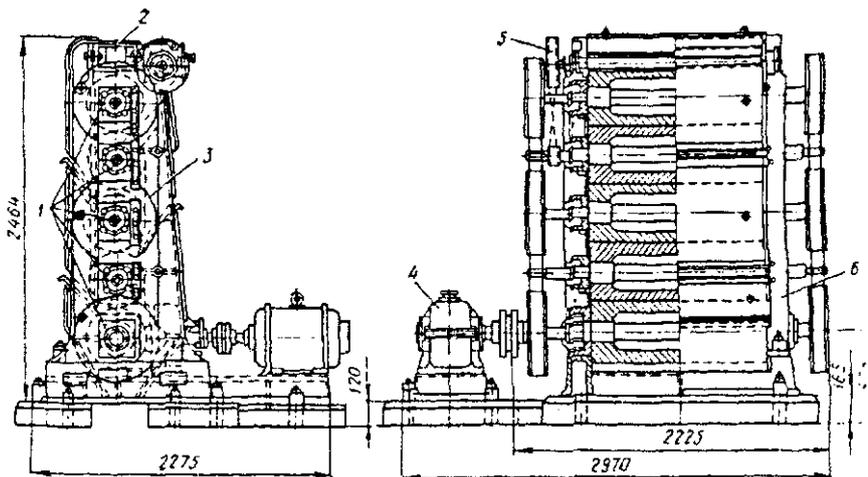


Рис. 4.53. Схема верстата ВС-5:

- 1 – корпуси підшипників; 2 – вставка; 3 – шків; 4 – привод;  
5 – пасовий привод живильного вальця; 6 – стояк

Таблиця 4.12

## Технічна характеристика верстатів ВС-5, Б6-МВА

Показники	ВС-5	Б6-МВА
Продуктивність, т насіння на добу	60	100
Коефіцієнт вилучення (прохід м'ятки через сито № 1, %)	60	60
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	30	2×15
Габаритні розміри, мм:		
– довжина	3530	2322
– ширина	1330	1700
– висота	2300	2395
Маса машини з двигуном, кг	9743	7080

нижнього приводного вала фіксовано. Кожен валець сприймає тиск від ваги усіх вище лежачих вальців, найбільш навантажений приводний вал. Тому його встановлюють в дворядних роликових підшипниках.

Корпуси підшипників 1 (букси) мають на краях форму квадрата і входять у направляючі вертикальних стояків 6 верстата. Чотири чавунні стояки кріпляться болтами до масивної чавунної плити. Таким чином, рухливість осей верхніх чотирьох вальців у вертикальному напрямку забезпечується можливістю ковзання корпусів підшипників у направляючих стійках. Особливістю установки вальців є розташування центрів їхніх осей не строго по одній вертикалі, а зі зміщенням убік на невелику величину (10–12 мм). Для цього з однієї сторони букси знімають шар металу, а на іншу сторону накладають пластину відповідної товщини. Напрямок зміщення для кожного валка змінюють послідовно. Така установка вальців поліпшує зтягування ними матеріалу в подрібнення і забезпечує більш плавну їхню роботу.

Верхні два вальці роблять рифленими, а всі інші – гладенькими. Рифлі мають глибину 1,5 мм, кут підйому – 9°; число рифлів – вісім на довжині дуги робочої поверхні вальця в один дюйм. Рифлені ділянки поверхні вальця чергуються із гладенькими, це знижує вібрації машини під час роботи. В процесі експлуатації особливу увагу приділяють

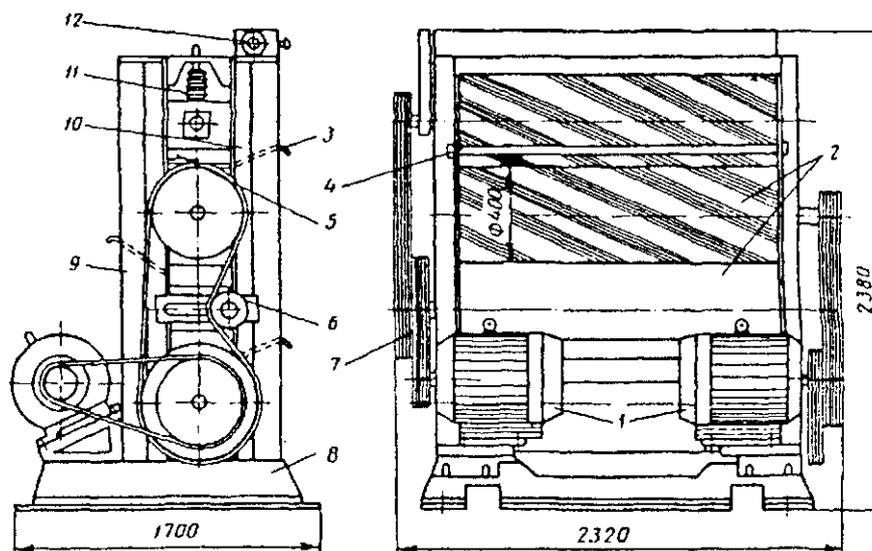


Рис. 4.54. Вальцовий верстат Б6-МВА:

1 – електродвигуни; 2 – робочі вальці; 3 – напрямні щитки; 4 – ножі; 5 – клиновий механізм регулювання зазору; 6 – натяжний пристрій; 7 – пасова передача; 8 – станина; 9 – стояки; 10 – напрямна; 11 – пружина; 12 – живильник

стану робочої поверхні вальців, їх перешліфують на спеціальному верстаті через 600...800 годин експлуатації.

В даний час верстати ВС-5 замінюють менш енергоємним чотири-вальцовим верстатом Б6-МВА (рис. 4.54). Верстат має чотири розташовані один під одним робочі вальці, діаметром 400 мм і робочою довжиною 1250 мм. Верхня пара вальців рифлена, зв'язана між собою диференціальним механізмом, що забезпечує різні швидкості обертання вальців (1-й – 229, 2-й – 239 об/хв.). Нижня пара вальців – гладенька, вальці обертаються з однаковою швидкістю (244 об/хв.). Привод кожної пари вальців здійснено від індивідуального електродвигуна.

**Технологічний розрахунок.** Продуктивність вальцового верстата  $Q$ , кг/год., для подрібнення ядра насіння соняшнику визначають за емпіричною формулою:

$$Q = AD l \pi \omega / 30, \quad (4.59)$$

де:  $A$  – експериментально визначений коефіцієнт, значення якого становить 28...35 за кутової швидкості валків  $\omega = 13...14$  рад/с;  $D, l$  – відповідно діаметр і довжина валка, м;  $\omega$  – кутова швидкість вальців, рад/с.

При проектуванні розраховують довжину та діаметр робочих вальців. Діаметр вальців  $D$ , м, визначають з умови затягування ядра:

$$D \geq 60d(k_n - 1)/k_n, \quad (4.60)$$

де:  $d = 3 \cdot 10^{-3}$  – товщина ядра, м;  $k_n = 3$  – коефіцієнт подрібнення.

З умови забезпечення стабільного притискування за рахунок власної ваги підпружиненого суцільного валка до непідпружиненого, його діаметр має становити не менше ніж:

$$D \geq 2 \sqrt{\frac{P}{\pi \rho}}, \quad (4.61)$$

де:  $P = 500...7000$  – погонне навантаження в зоні контакту валків від власної ваги підпружиненого суцільного валка, Н/м;  $\rho$  – густина матеріалу валка, кг/м<sup>3</sup>.

Розрахований за формулами (4.60) і (4.61) діаметр валка округлюють у більший бік до стандартного розміру. Із формули (4.59) визначають довжину валка:

$$l = 0,1Q / (A D \omega). \quad (4.62)$$

Потужність для приведення верстата в рух, кВт,

$$N = N_o l, \quad (4.63)$$

де:  $N_o$  – питома потужність, кВт/м (для тривальцьових верстатів  $N_o = 15$  кВт/м, для чотиривальцьових  $N_o = 20$ );  $l$  – довжина валка, м.

#### 4.2.3. Жорнові посади

Жорнові посади застосовують у жорнових, вальцьово-жорнових млинах і крупорушках малої продуктивності для подрібнення зерна на борошно та дерть, лущення гречки, проса, рису і вівса в круп'яному шробництві. Розмелювання та лущення зерна відбувається дією на

нього сил стиску і тертя. У жорновому посаді зерно подрібнюється між двома абразивним каменями або металевими шорсткими дисками – рухомим і нерухомим. Основними робочими органами жорнового посаду (див. рис. 4.55 і 4.57) є камені (жорна) з природного граніту, абразивного штучного матеріалу або металеві диски.

За конструктивними ознаками жорнові посади поділяють на чотири групи:

- а) з вертикальною віссю обертання і верхнім рухомим диском (бігуном);
- б) з вертикальною віссю обертання і нижнім бігуном;
- в) з горизонтальною віссю обертання, одним нерухомим, а другим рухомим диском;
- г) з горизонтальною віссю обертання з обома дисками, що обертаються назустріч один одному.

Робочі диски жорен виготовляють абразивними із штучного або природного каменю та металевими, частіше сталевими (рідше чавунними). Для забезпечення зносостійкості металеві диски мусять мати дуже тверду робочу поверхню і високу в'язкість серцевини. Як металеві диски так і абразивні мусять мати шорстку робочу поверхню для підвищення фрикційної дії на продукт, бути міцними на розтяг, не руйнуватись від дії відцентрових сил. Металеві диски відливають в кокілях із зносостійкої марганцевистої сталі або чавуну. Абразивні диски з штучного каменю виготовляють за рецептурою (табл. 4.13), яка відповідає вказаним вимогам. Технічна характеристика жорнових посадів наведена в таблиці 4.14.

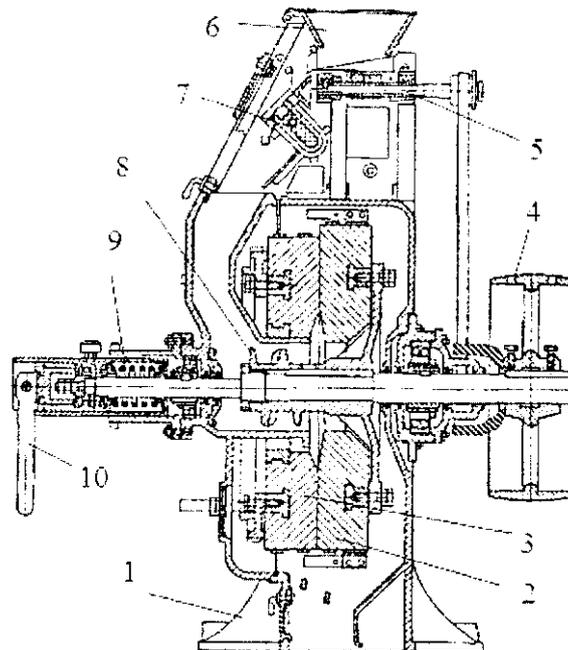
Для того, щоб рухомий диск не створював динамічного навантаження на приводний вал і підшипники, його статично урівноважують. На робочі поверхні дисків роблять борізки трикутного профілю, призначення яких – інтенсифікувати процес подрібнення, вентилувати диски і полегшити транспортування подрібненого продукту з розмеленої зони. Просування подрібнюваних частинок в борізках (рис. 4.57) від середини до периферії дисків досягають вибором профілю борізки, для якого дотримується умова  $\alpha \geq 2\varphi$ , де  $\varphi$  – кут тертя зерна об диск.

Абразивні диски (жорна) мають колову швидкість не вищу 12 м/сек., металеві диски – 18...28 м/сек.

Таблиця 4.13

**Співвідношення компонентів суміші для виготовлення штучних дисків**

Найменування диска	Компоненти суміші в %				
	наждак	кремній	кварц	магнезит	хлористий магній
Наждачний	74	30	70	13	13
Напівнаждачний	40	70		15	15
Кременевий				15	15
Кварцовий				15	15



**Рис. 4.55. Жорновий посад з горизонтальною віссю обертання:**  
 1 – корпус; 2, 3 – рухомий і нерухомий диски; 4 – приводний шків; 5 – активатор; 6 – живильна горловина; 7 – магнітний уловлювач; 8 – живильний лоток; 9 – пружина; 10 – рукоятка механізму регулювання зазора

Таблиця 4.14

## Технічна характеристика жорнових посадів

Показники	Жорна з вертикальною віссю обертання		Жорна з горизонтальною віссю обертання	
Продуктивність при помелі зерна на борошно, кг/ч	560	600	650	400
Потрібна потужність для приводу жорен, кВт:				
– при помелі пшениці вологістю 14–15 %	10,0	11,0	10,0	6,5
– при помелі іржі вологістю 14–15 %	13,0	13,5	13,0	9,0
Діаметр каменя, мм	1070	1240	760	560
Товщина верхнього каменя, мм	540	405	200	140
Товщина нижнього каменя, мм	300	300	–	–
Маса пари дисків, кг	1300	1400	350	200
Колова швидкість каменя, м/сек	10	10	18	17,6
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год.	720	800	720	480
Аеродинамічний опір жорен, н/м <sup>2</sup>	20	20	80	80

Розрахунок рухомих дисків на міцність ведуть виходячи з їх опору розриву під дією відцентрових сил інерції маси диска. Для суцільного диска, максимальну напругу  $\sigma_{max}$ , МПа в його центрі розраховують за формулою:

$$\sigma_{max} = \frac{3 + \mu}{8} \rho \omega^2 R^2, \quad (4.64)$$

де:  $\mu$  – коефіцієнт Пуассона;  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup> – густина матеріалу диска;  $\omega$ , рад/сек – кутова швидкість диска;  $R$ , м – радіус диска.

Для диска з центральним отвором (ковтком) максимальна напруга  $\sigma_{max}$  буде на кромці цього отвору і може бути визначена за формулою:

$$\sigma_{max} = \frac{3 + \mu}{8} \rho \omega^2 R^2 \left[ 1 + \frac{1 - \mu}{3 + \mu} \left( \frac{r_0}{R} \right)^2 \right], \quad (4.65)$$

де  $r_0$ , м – радіус центрального отвору в диску.

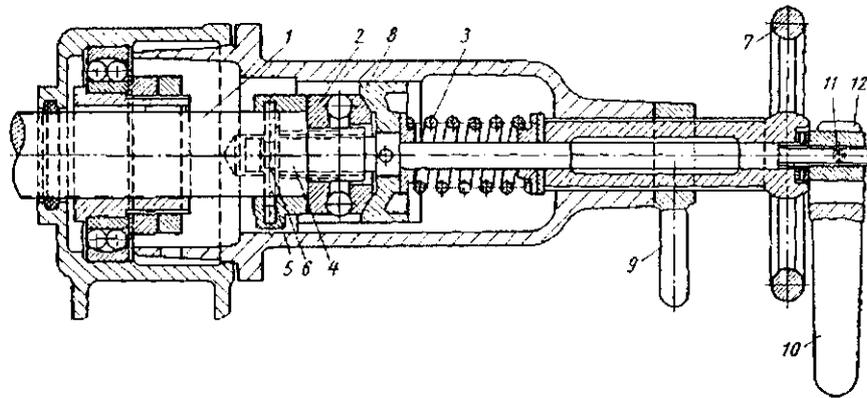


Рис. 4.56. Конструкція механізму регулювання зазору між дисками:  
 1 – вал; 2 – упорний підшипник; 3 – пружина; 4 – гвинт; 5 – пластини;  
 6 – кільцева виточка на валу; 7 – штурвал; 8 – стакан; 9, 10 – рукоятки;  
 11 – вісь; 12 – ексцентрик

Типова конструкція механізму регулювання зазора (рис. 4.56) між дисками складається з корпусу, ексцентрика 12, нажимної пружини 3, стакана 8 і гвинтового механізму зі штурвалом 7. Для грубої зміни зазора повертають рукоятку 10, яка за допомогою ексцентрика 12 переміщає стакан 8 відносно корпусу. Для тонкої настройки зазора повертають штурвал 7, який обертаючи гвинт 4, переміщає вал 1 з рухомим диском в сторону рухомого диска. При попаданні між дисками стороннього предмета розміром більшого ніж зазор між дисками, вал 1 переміститься зліва направо, стисне запобіжну пружину 3.

**Технологічний розрахунок.** Продуктивність жорнового посаду млина, кг/год.,

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 q (1 - k^2), \quad (4.66)$$

де:  $D$  – діаметр робочого диска (камня), м;  $q$  – питоме навантаження на одиницю площі розмеленого поясу диска (камня): для жорен з вертикальною віссю обертання  $q = 300 \dots 360$  кг/(м<sup>2</sup>·год.), з горизонтальною

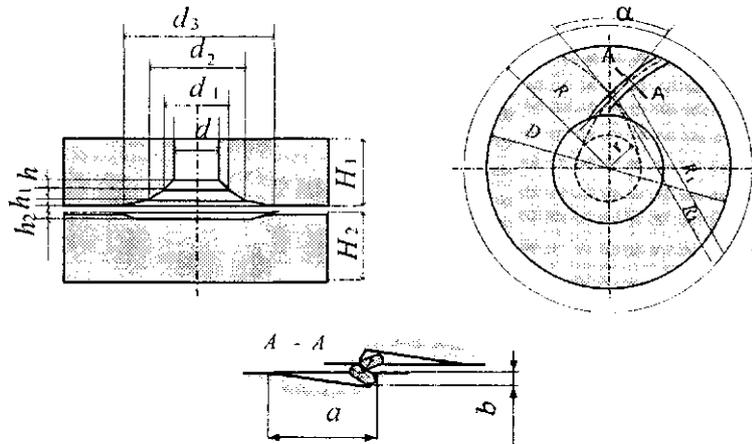


Рис. 4.57. Конструктивна схема каменів жорнового посаду

віссю  $q = (400 \dots 450 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год.}))$ ;  $k = 0,5 \dots 0,6$  – коефіцієнт, рівний  $d/D$ , де  $d$  – мінімальний діаметр робочого поля диска.

Діаметр диска  $D$ , м, при заданій продуктивності  $Q$  розраховують за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi(1-k^2)q}}. \quad (4.67)$$

Розрахунковий діаметр  $D$  округляють у більший бік до значення 500, 550, 600, 650, 700, 1050, 1100, 1150, 1200, 1250, 1300 мм.

Діаметри  $d$ ,  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  і товщину каменів (дисків) та інші геометричні параметри жорен (рис. 4.57) визначають із співвідношень:

$d = 0,25D$ ;  $d_1 = 0,30D$ ;  $d_2 = 0,35D$ ;  $d_3 = 0,4D$ ;  $H_1 = H_2 = (0,25 \dots 0,35)D$ ;  $h = 2,0 \dots 3,3 \text{ мм}$ ;  $h_1 = h_2 = 1,0 \dots 1,5 \text{ мм}$ .

Менше значення товщини дисків беруть для жорен з горизонтальною віссю обертання, а більше – з вертикальною. Допоміжний радіус  $r$  становить  $r = 50 \dots 80 \text{ мм}$ , допоміжний радіус  $R = (1,30 \dots 1,55)D$ , радіуси  $R_1, R_2$  профілів боріздок –  $R_1 = R_2 = R + r$ . Ширину і глибину боріздки вибирають конструктивно:  $a = 15 \text{ мм}$ ,  $b = 5 \dots 9 \text{ мм}$ .

Кількість боріздок розраховують за формулою:

$$z = \pi D / (2\alpha). \quad (4.68)$$

За даними розрахунків визначають борізки на веденому і ведучому каменях, після чого плануванням положень знаходять найбільше  $\alpha_{\max}$  та найменше  $\alpha_{\min}$  значення кута  $\alpha$  між дотичними до профілів боріздки у точках їх перетину (див. рис. 4.57).

Процес подрібнення і виведення подрібнених продуктів з розмеленої зони буде оптимальним, якщо значення кута  $\alpha$  між дотичними до профілів боріздки має становити

$$\alpha_c = (1,9 \dots 2,1) \varphi, \quad (4.69)$$

де  $\varphi = 34 \dots 40^\circ$  – кут тертя – ковзання зерна по каменю, град (більші значення  $\varphi$  беруть для жорен із природного граніту або абразивного штучного матеріалу, менше – для жорен з металевими дисками).

Якщо умова (4.69) не виконується, то змінюють допоміжні радіуси  $R$  і  $r$  і повторюють розрахунок.

Потужність для приведення жорен у рух,  $N$ , кВт визначають за емпіричною формулою:

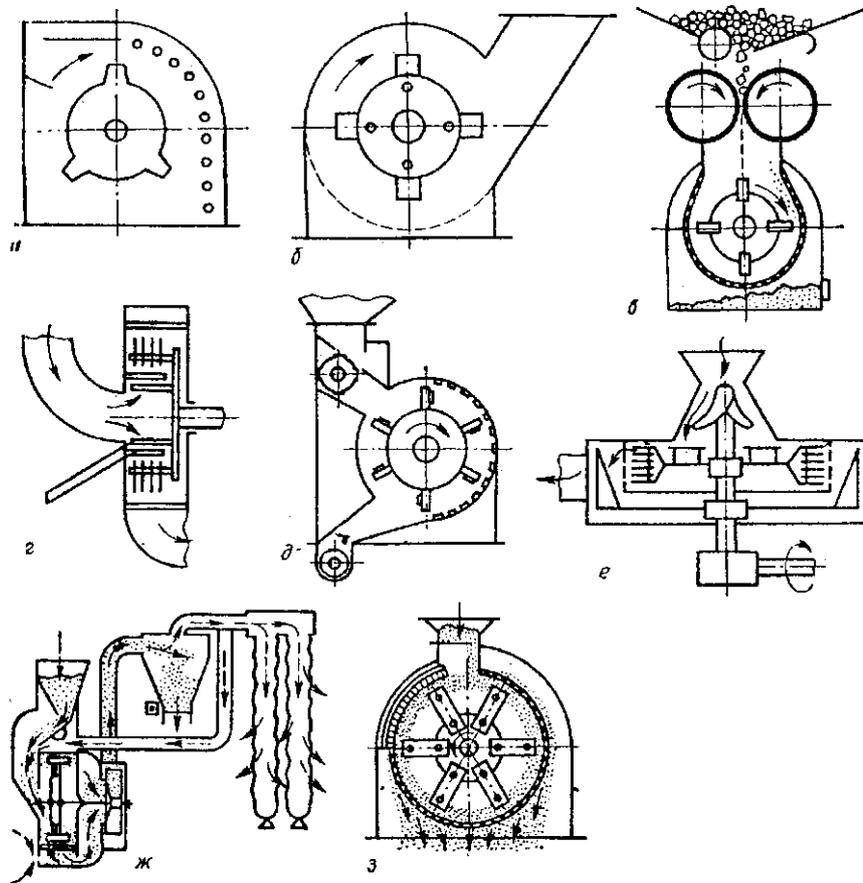
$$N = N_0 Q, \quad (4.70)$$

де  $N_0$  – питомі витрати енергії на розмелювання, кВт/(кг·год.): при розмелюванні пшениці  $N_0 = 0,018$ , жита --  $N_0 = 0,023$ .

#### 4.2.4. Подрібнювачі ударної дії

У переробних виробництвах поширені молоткові дробарки і пальцеві дезінтегратори. Вони призначені для подрібнення зерна та інших сухих крихких матеріалів (суха трава, шрот, крейда, кістки, сіль тощо) на борошно, сипкі комбікормові суміші та інші продукти. В цих дробарках зерно та інші продукти подрібнюються завдяки ударам по ньому сталевих молотків або пальців, ударам часточок продукту об сито, деку та їх тертя по них. Вони менш ефективні при подрібнюванні вологих продуктів або продуктів з великим вмістом жиру (насіння олійних культур та макухи з вмістом олії 8 % і більше, жирових відходів тваринного походження). Найпоширенішими є молоткові дробарки з шарнірно підвішеними молотками (рис. 4.58).

**Молоткові дробарки ДМ і ДДМ** (рис. 4.59, табл. 4.15) застосовують для подрібнення зерна плівчастих і злакових культур, макухи, а також інших компонентів комбікормів. Дробарки складаються з



*Рис. 4.58. 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

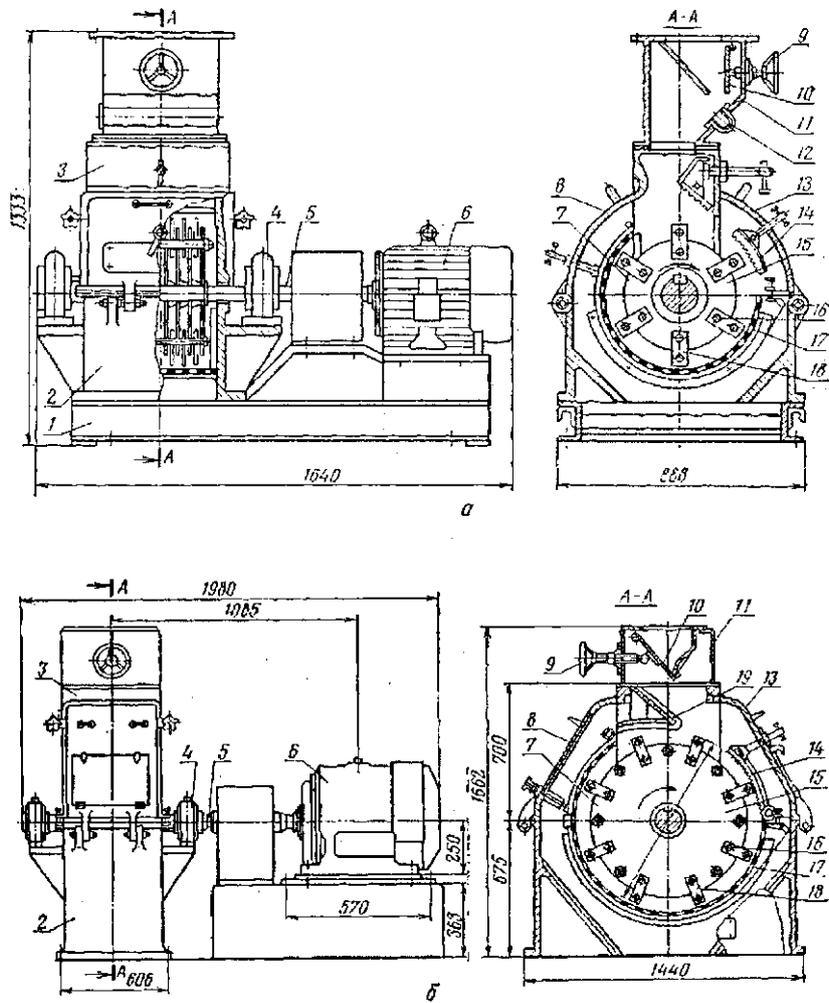


Рис. 4.59. Дробарки ДМ – (а), ДДМ – (б):

- 1 – рама; 2 – основа корпусу; 3 – середня частина; 4 – корпус підшипника;  
 5 – вал; 6 – електродвигун; 7 – ротор; 8 – ліва відкидна кришка; 9 – маховик;  
 10 – заслінка; 11 – живильник; 12 – магнітний захист; 13 – права відкидна кришка; 14 – дека; 15 – диск; 16 – вісь; 17 – сито; 18 – молоток;  
 19 – перегородка

Таблиця 4.15

## 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 електродвигуна, кВт	23,0	55,0	55,0	37,5; 45; 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 <sup>2</sup>	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

основи 2, ротора 7, правої 13 та лівої відкидних 8 кришок, живильника 11 та середньої частини корпусу 3. Кришки повертаються на осях, забезпечуючи вільний доступ до сита 17 і ротора 7, а також швидко 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 роликівих сферичних підшипники, встановлених у чавунних корпусах 4. ротор приводиться в дію від електродвигуна 6 через муфту.

У середній частині корпусу дробарки ДМ знаходиться дека 14. Поперечний уступ і схил основи дека служать для спрямування руху продукту і сторонніх домішок. У середній частині корпусу дробарки ДДМ цю роль виконує зварна 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 встановлено сито, що притискається сталевими стрічками до направляючих кутників. Натяг і ослаблення стрічки – автоматичне, під дією сили ваги правої відкидної 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, притискаючи 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. 4.60) призначена для подрібнення зерна злакових і півчастих 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 прийомник 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 стіні основи зроблена проточка, у яку вставляють сита. Дробарку комплектують ситами з отворами діаметром 5,4 і 3,0 мм. До стояка за допомогою пегель шарнірно кріплять відкидну кришку з приймальним патрубком. Кришку встановлюють у робоче положення за допомогою маховика.

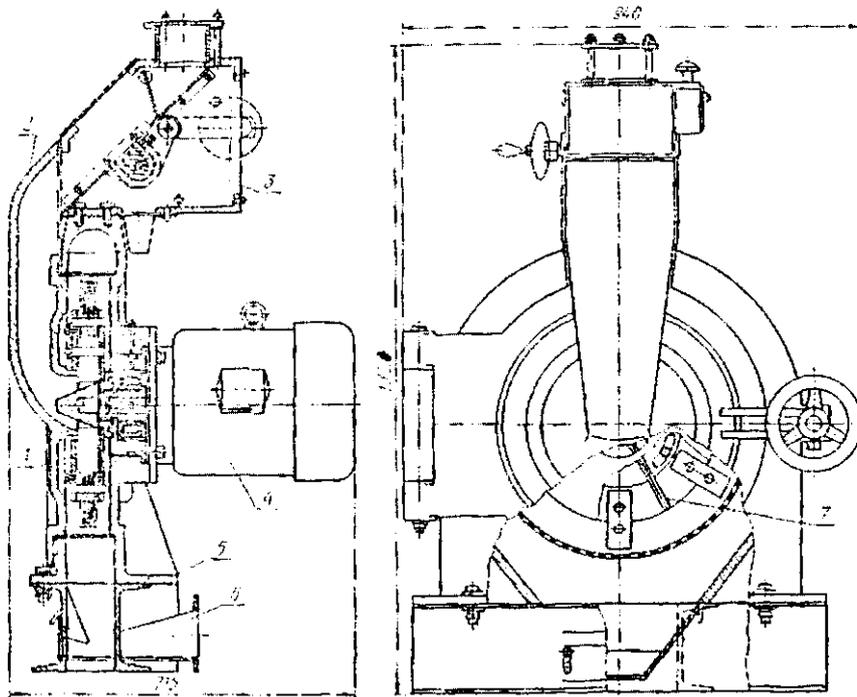


Рис. 4.60. Дробарка А1-БД2-М:

1 – ротор з молотками; 2 – відкидна кришка; 3 – живильник;  
4 – електродвигун; 5 – основа; 6 – пневмоприймач; 7 – вентилятор

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.

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 прийомному 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.

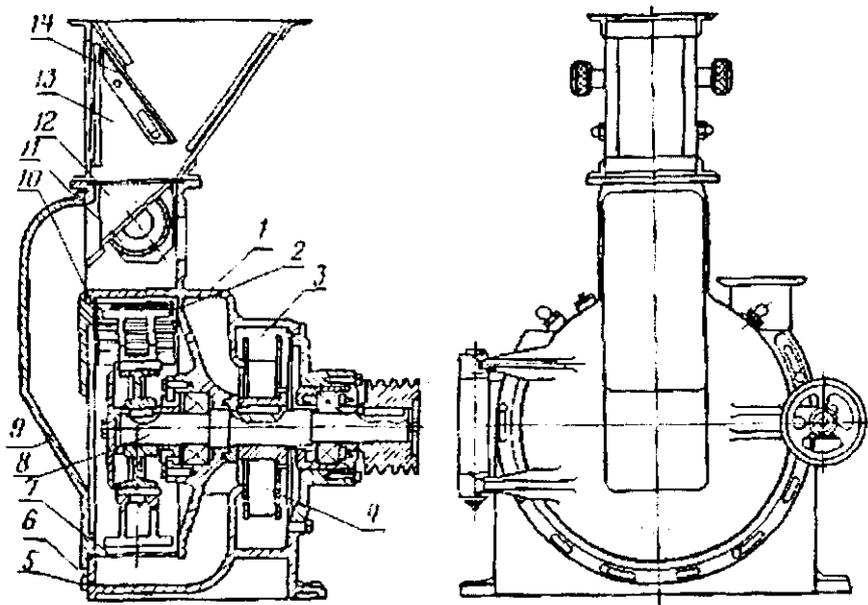
**Молоткова дробарка ДДК** (рис. 4.61, табл. 4.16) призначена для подрібнення мікроелементів, антибіотиків і вітамінів. Дробарка встановлена на одній станині з електродвигуном. У комплект дробарки входить також циклон-вивантажувач з фільтром.

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 змінювати молотки, сита, а також очищати робочу камеру.

Зверху на корпусі змонтовано прийомний 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, регульованою заслінкою. Ротор дробарки приводиться в дію одночасно з крильчаткою вентилятора від електродвигуна через клинчасту передачу.

Матеріал з прийомного 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 подрібнені частки підхоплюються повітрям і вентилятором 4 нагнітаються в циклон-вивантажувач. З циклона компоненти через затвор виводяться назовні. Відпрацьоване повітря повертається в дробарку



*Рис. 4.61. 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

або частково, через фільтр, випускаються назовні. Для регулювання потоків повітря служить заслінка, розташована в патрубку над циклон-вивантажувачем. Кількість засмоктуваного вентилятором повітря регулюють змінюючи величину щілини в передній стінці корпусу дробарки.

**Безситову дробарку А1-ДДШ** (рис. 4.62) 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 зроблений люк, що закривається кришкою, а з протилежної сторони встановлено підшипник

Таблиця 4.16

## Технічна характеристика дробарки ДДК

Продуктивність, кг/год.	80...100
Колова швидкість молотків, м/с	75
Потужність електродвигуна, кВт	7
Площа ситової поверхні, м <sup>2</sup>	0,063
Число рукавів фільтра	3
Площа фільтруючої поверхні, м <sup>2</sup>	2
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год.	180
Габаритні розміри, мм:	
– довжина	1500
– ширина	1200
– висота (з циклоном і фільтром)	4000
Маса, кг	325

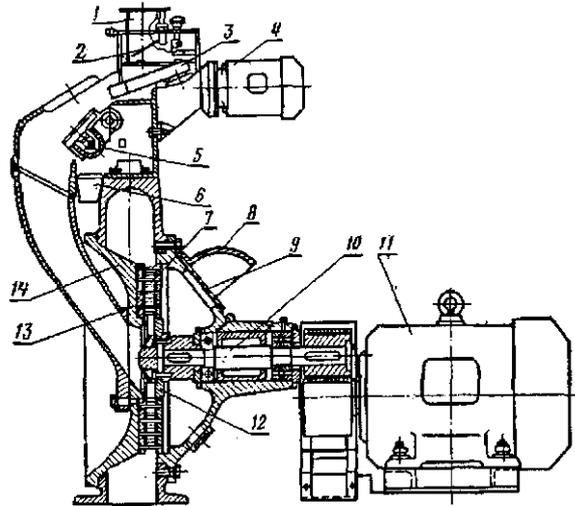


Рис. 4.62. Безситова дробарка А1-ДДШ:

1 – шнековий; 2 – заслінка; 3 – лоток; 4, 11 – електродвигуни; 5 – магнітний уловлювач; 6 – металозбірник; 7 – дробильна камера; 8 – козилок; 9 – решітка; 10 – вал; 12, 13 – рухомий і нерухомий штифтові диски; 14 – крильчатка

приводного вала 10. Живильник з магнітним захистом 5 встановлено 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, встановлено збірник для ручного видалення металомагнітних домішок.

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.

Могилів-Подольський машинобудівний завод випускає гаму безситових пальцевих дробарок типу ДМБ-П (рис. 4.63), які мають будову подібну до дробарки А1-ДДШ. В таблиці 4.17 подано технічну характеристику цих дробарок.

#### **Особливості і основні характеристики процесу подрібнення зерна молотковими дробарками**

Процес подрібнення продукту в молотковій дробарці можна умовно розділити на декілька етапів.

На першому етапі продукт, що надійшов у зону обертання молотків, руйнується ударом молотків. На цьому етапі основне значення мають швидкість молотків, структурно-механічні властивості продукту, кут зустрічі робочої поверхні молотка з продуктом тощо. Колова швидкість

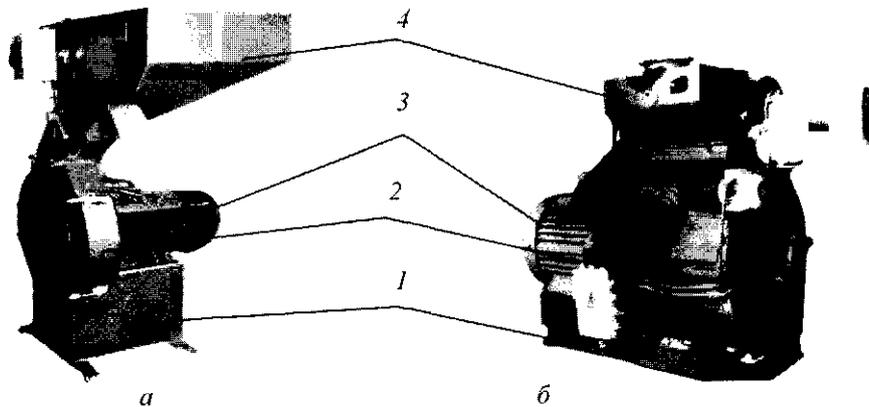


Рис. 4.63. Зовнішній вигляд безситових дробарок:  
 а – пальцова ДМБ-П; б – молоткова ДМБ – М; 1 – основа; 2 – дробильна камера; 3 – привод робочих дисків; 4 – живильні бункери

Таблиця 4.17

Технічна характеристика безситових дробарок

Показники	ДМБ-0,2	ДМБ-0,3	ДМБ-0,5	ДМБ-0,8	ДМБ-1,1	ДМБ-1,5	ДМБ-10
Продуктивність, т/год.	0,2	0,3	0,5	0,8	1,1	1,5	8...12
Встановлена потужність, кВт	1,1	1,5	2,2	4,0	5,5	7,5	76,5
Напруга живлення, В	380/220	380/220	380	380	380	380	380
Габарити, мм:							
довжина	470	470	470	550	550	550	2320
ширина	660	660	660	690	690	690	1060
висота	1020	1020	1020	1120	1120	1120	1400
Маса, кг	82	82	82	170	170	170	1200

молотків, при якій зерно руйнується, може змінюватись в межах 40...100 м/с в залежності від його механічних властивостей, вологості, стану молотків. На наступних етапах часточки матеріалу подрібнюються завдяки повторних ударів їх об сито, деку, ударів молотків та їх тертя по них. В цих процесах значення мають кінетична енергія часточок, яку вони придбали від ударів молотків, кількості молотків та схеми їх розміщення, розмірів комірок сита, зазору між молотками і декою, час перебування матеріалу в зоні дії молотків та інших параметрів. Ступінь подрібнення продукту залежить від розмірів отворів сита. Чим більші отвори, тим крупніше подрібнюється продукт.

Ротор молоткової дробарки має велику масу і високу швидкість обертання, і тому необхідне його статичне та динамічне балансування. При заміні, молотки ретельно підбирають та зважують. Різниця маси молотків разом з віссю і гайками для кріплення, не повинна перевищувати 5 грам. Ротор дробарки повинен провертатися від руки вільно.

Перевага молоткових дробарок перед іншими типами подрібнювачів полягає в їхній універсальності – ними подрібнюють практично усі види сировини, що надходить на переробку. Молоткові дробарки мають відносно невеликі габарити, високу продуктивність.

Основним недоліком молоткових ситових дробарок є нерівномірний гранулометричний склад подрібненого продукту і недостатня надійність сит. В готовому продукті є як крупні недоподрібнені частинки, так і значна частина їх подрібнена дуже тонко. Одержання тонких часток супроводжується значною витратою електроенергії. Прагнення позбутися від таких часток веде до появи великої кількості неподрібнених часток, особливо зерна. Тому часто застосовують поетапне подрібнення, під час якого просіванням відбирають готові продукти і крупну фракцію, яку повертають на повторне подрібнення в дробарку або на подрібнення в іншу машину, наприклад, у вальцовий верстат.

Підвищення зносостійкості та міцності сит і молотків досягають не тільки вибором високоміцних легованих сталей, але й використанням звичайних, конструкційної сталі зі зміцненою поверхнею. Застосування реверсивного ротора без будь-яких інших заходів вдвічі підвищує ресурс дробарки. При зносі сита, а також при зміні ступеня подрібнення, приходиться замінити сито. Конструкція дробарок повинна передбачати

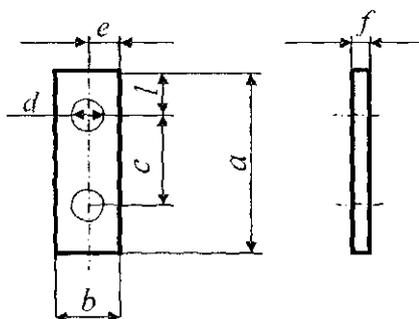


Рис. 4.64. Розміри молотків для дробарок

можливість швидкої зміни сит, у тому числі без зупинки ротора.

Основними робочими органами молоткової дробарки є молотки, сито і дека. У комбікормовій промисловості застосовують дробарки з пластинчастими молотками прямокутної форми, що мають два отвори (рис. 4.64).

У залежності від конструкції молоткової дробарки розміри молотка бувають різними (табл. 4.18).

Дослідженнями встановлено, що продуктивність молоткової дробарки при подрібненні вівса зростає зі зменшенням товщини молотків. Так,

Таблиця 4.18

#### Геометричні розміри молотків

Марка дробарки	Розміри молотків для дробарок						
	a	b	c	d	e	f	l
РДБ-3000	165	65	109	25,5	32,5	3	31
МД-610	165	65	92	27	32,5	1,5-2	36,5
ДМ-440У	150	45	90	18	22,5	1,5-2	30
ДДЗ	165	50	95	20	25	1,5-2	35
ДДМ	165	50	95	20	25	2	35
ДМ-440	150	45	90	18	22,5	1,5-2	30
М 653	136	50	54	17	25	1,5-2	41
ДЛО	125	50	50	20	25	2	37,5
ДМ	136	50	54	25	25	2	41
Н-40	136	50	54	17	25	1,5-2	41
БДМ	100	45	60	21	22,5	2	20
ДМ-300	100	45	60	21	22,5	2	20
ДЛК	88	40	33	10	20	4	25
А1-ДДП (Р)	160	50	60	20	25	3	50

у дробарці МД-610 при заміні молотків товщиною 6 мм молотками товщиною 2,5 мм продуктивність збільшилась на 13 %, а питома витрата енергії знизилась на 10 %. Для подрібнення кукурудзи в початках підходять молотки товщиною 2–3 мм, макухи і сировини мінерального походження – 6–8 мм.

До переваг молотків (рис. 4.64) можна віднести простоту виготовлення, можливість максимального використання їхніх робочих граней, тому що при зносі одного кінця молотка після його повороту може працювати інший.

При зносі молотків відстань між їхніми зовнішніми торцями і внутрішньою поверхнею ситового барабана збільшується, унаслідок чого продукт, що знаходиться в цій зоні, погано подрібнюється, а витрата енергії на подолання тертя збільшується. Крім того, при надмірному і нерівномірному зносі молотків порушується балансування ротора, виникає вібрація, що викликає руйнування машини. Тому молотки виготовляють із легваної сталі 30ХГС або іншої сталі, що має високу зносостійкість.

У молоткових дробарках застосовують сита (рис. 4.65) із круглими, довгастими отворами і лускаті, розташовані в шаховому порядку. Лускаті сита з пробивними отворами виготовляють з листової сталі товщиною 2,5–3,0 мм. Надрізану частину металу видавлюють або

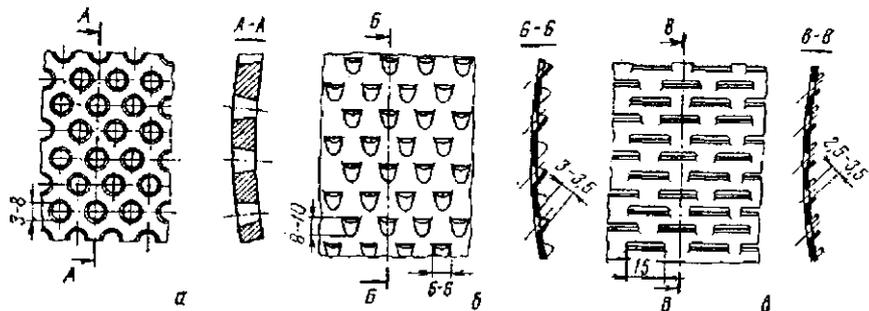


Рис. 4.65. Сита молоткових дробарок:

а – з висвердленими отворами конічної форми; б – лускате з пробивними отворами півовальної форми; в – лускате з пробивними отворами прямокутної форми

відгинають в одну сторону, при цьому утворюються отвори півовальної або прямокутної форми. Поверхня лускатих сит з однієї сторони гладка, а з іншої гострошорстка з відігнутими крайками отворів. У дробарці сита встановлюють гострошорсткою поверхнею до ротора, а відігнуті крайки отворів повинні бути спрямовані проти руху ротора.

На продуктивність і питому витрату електроенергії впливає форма отворів сита. Результати випробувань дробарки ДДМ при подрібненні пшениці, вівса, ячменю, гороху і макухи показали, що лускаті сита в порівнянні із ситами з круглими отворами збільшують продуктивність дробарки в середньому на 4,2 % і знижують питому витрату електроенергії на 7 % при однаковому гранулометричному складі подрібненого продукту. До недоліку лускатих сит варто віднести їхній швидкий знос і забивання осередків щуплими і битими зернами. При помелі зерна варто застосовувати сита з круглими отворами  $\varnothing 2,5-5,0$  мм, макухи – 7–10 мм, сировини мінерального походження – 3 мм.

*Технологічна ефективність роботи дробарок* характеризується ступенем подрібнення продуктів, продуктивністю і витратою енергії на 1 т оброблюваного продукту. На якість роботи дробарок впливають фізичні властивості продукту (вологість, твердість, в'язкість, крупність часток і т. д.) і параметри робочих органів дробарки: колова швидкість молотків, форма, розміри та їхня якість; величина зазору між молотками і ситовою поверхнею; форма отворів сита і їхніх розмірів; режим аерації машини.

Важливим фактором, що впливає на ефективність роботи дробарки, є колова швидкість. З підвищенням коллової швидкості молотків продуктивність дробарки зростає, питома витрата енергії знижується, а ступінь здрібнювання збільшується. Оптимальну коллову швидкість визначають дослідним шляхом.

Режим роботи молоткових дробарок встановлюють стосовно до особливостей виду зерна, його плівчастості. Якщо питому витрату енергії на подрібнення вівса прийняти за 100 %, то питома витрата енергії на подрібнення ячменю буде менше на 20 %, кукурудзи на 43 %. Овес, маючи значну кількість плівок і більш грузлу структуру ядра, сутужніше піддається подрібненню, чим ячмінь. Для подрібнення кукурудзи, що не має плівок, потрібно ще менше енергії.

З підвищенням вологості зерна продуктивність дробарки знижується, а питома витрата енергії зростає. Так, при подрібненні ячменю вологістю 20 % продуктивність дробарки знижується на 30 %, а питома витрата енергії підвищується на 30–32 % у порівнянні з подрібненням ячменю вологістю 13,8 %. Особливо різко знижується ефективність роботи дробарки при подрібненні вівса з підвищеною вологістю. Щоб уникнути цього, зерно з підвищеною вологістю варто підсушувати до вологості 15,0–15,5 % або ж розмелювати в суміші із сухим зерном.

На ефективність роботи дробарки впливає також величина зазору між молотками і ситовою поверхнею. Зі зменшенням зазору ступінь подрібнення і питома витрата електросенергії збільшуються. При помелі зерна і мікроелементів величину зазору варто робити 4 мм; макухи, крейди, солі, сухої трави – 7...10 мм.

**Технологічний розрахунок молоткової дробарки.** Продуктивність дробарки, кг/год.,

$$Q = 3600qDL, \text{ кг/год.}, \quad (4.71)$$

де:  $q$  – питома навантаження на одиницю площі діаметрального перерізу камери,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;  $D$  – діаметр камери дробарки (рис. 4.66), м;  $L$  – довжина камери дробарки, м.

Питома навантаження  $q$  є функцією багатьох параметрів дробарки (фізико-механічні властивості продукту, живий переріз сита, витрати повітря на транспортування продуктів, швидкість обертання ротора та його конструктивні параметри тощо), яку нині поки що не встановлено аналітично. Тому в інженерних розрахунках користуються експериментальними даними, зокрема при подрібненні сухого зерна, шроту  $q = 2...5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , при виготовленні трав'яного борошна  $q = 0,5...1,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

За інших однакових умов питома навантаження  $q$ , і отже продуктивність дробарки, можна збільшити приблизно на 30 %, якщо з-під сита дробарки відсмоктувати повітря з розрахунку  $4000 \text{ м}^3/\text{год.}$  на  $1 \text{ м}^2$  площі сита.

На металомісткість і вібронавантаженість дробарки істотно впливає відношення діаметра до ширини камери дробарки

$$K = D/L, \quad (4.72)$$

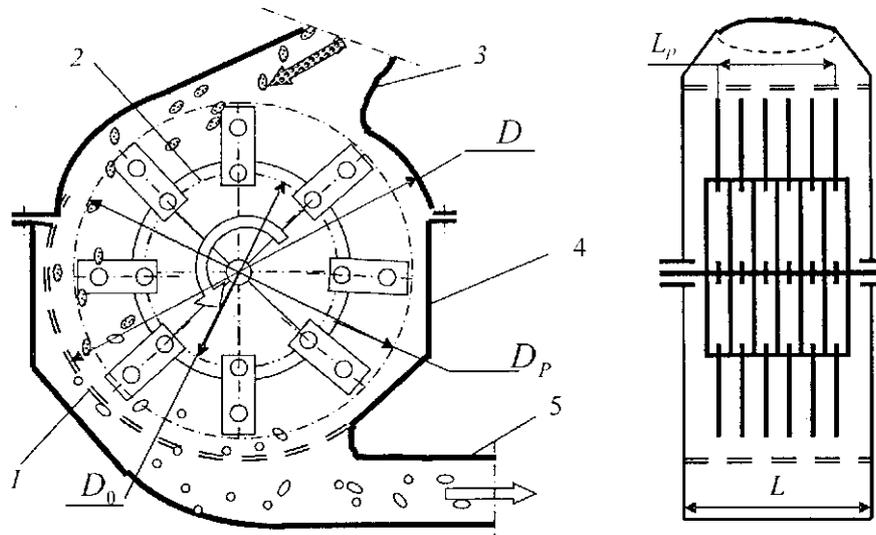


Рис. 4.66. Розрахункова схема молоткової дробарки:  
 1 – сито; 2 – ротор; 3, 5 – живильний і відвідний трубопроводи;  
 4 – камера дробильна

яке для дробарки з радіальною подачею при проектуванні беруть  $K = 1,0 \dots 2,0$ , а з осовою –  $K = 4,0 \dots 7,0$ .

Ротор дробарки першого типу ( $K = 1,0 \dots 2,0$ ) має практично рівноважний еліпсоїд інерції, за формою подібний до кулі, тому осі симетрії його є головними осями інерції. У цьому випадку ротор не потребує ретельного динамічного балансування, проте маса дробарки з таким співвідношенням геометричних параметрів більша порівняно з дробаркою з осовою подачею. Недолік дробарки з осовою подачею матеріалу – необхідність точного динамічного балансування її ротора.

Із формули (4.71) визначають діаметр камери

$$D = \sqrt{\frac{QK}{3600q}}, \quad (4.73)$$

а з виразу (1.105) -- її довжину

$$L = D/K. \quad (4.74)$$

Діаметр ротора, м,

$$D_p = D - 2\Delta_p, \quad (4.75)$$

довжина ротора, м:

$$L_p = L - 2\Delta_L, \quad (4.76)$$

де:  $\Delta_p$ ,  $\Delta_L$  -- відповідно радіальний і осьовий зазори між ротором і дробильною камерою ( $\Delta_p = \Delta_L = (2...3) \cdot 10^{-3}$ , м).

Зазор між ротором і ситом становить 8...12 мм, більше значення беруть у зоні розміщення сита.

Колова швидкість молотка ротора має забезпечувати руйнування продуктів у момент ударів по них. З цієї умови мінімально необхідну швидкість молотка  $v_{min}$  наближено визначають, виходячи з теорії удару по часточці продукту під час вільного її падіння. Для різних видів зерна та інших крихких продуктів мінімальна швидкість молотка  $v_{min} = 40...50$  м/с. При проектуванні колову швидкість молотка беруть більшою за розрахункову мінімальну  $v_{min}$ , а саме  $v = 55...100$  м/с (менші значення для подрібнення зерна на борошно, більші на гранульовані комбікорми).

Кутова швидкість ротора, рад/с:

$$\omega = 2v/D_p \quad (4.77)$$

Довжину  $l$  та радіус підвіски  $R_0$  молотка вибирають за умов забезпечення стійкості руху його при обертанні й відсутності дії ударного імпульсу на вісь підвіски.

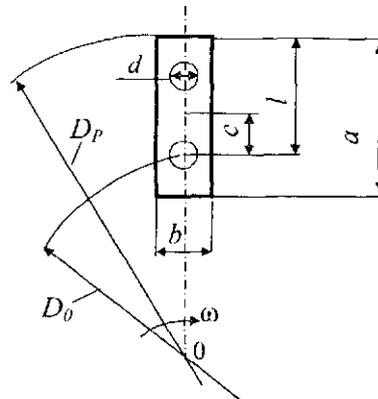


Рис. 4.67. Схема для визначення параметрів молотка

Перша умова виконується при виконанні співвідношень

$$R_0 = \frac{9}{4}l; \quad R_0 = 4l, \quad (4.78)$$

друга умова –

$$\rho_0 = \sqrt{cl}. \quad (4.79)$$

де:  $\rho_0$  – радіус інерції молотка, м;  $c$  – відстань від осі підвіски до центра мас молотка, м.

Для дробарок із співвідношенням діаметра ротора і ширини камери дробарки в межах  $K = 1,0 \dots 2,0$  радіус підвіски

$$R_0 = \frac{9}{4}l. \quad (4.80)$$

Тоді

$$l = \frac{2}{13}D_p, \quad R_0 = \frac{9}{26}D_p, \quad (4.81)$$

де  $D_p$  – діаметр ротора.

Довжину і ширину та інші геометричні розміри молотка (рис. 4.67) визначають з урахуванням геометричної форми і кількості отворів для підвіски за такими рівняннями:

для першого типу дробарки,  $K = 1,0 \dots 2,0$

$$\rho_0 = \sqrt{cl}, \quad l = \frac{2}{13}D_p \quad (4.82)$$

для другого типу,  $K = 4,0 \dots 7,0$

$$\rho_0 = \sqrt{cl}, \quad R_0 = 4l \quad (4.83)$$

У першому наближенні ширину і довжину молотків прямокутної форми з двома отворами визначають за співвідношеннями

$$a = 1,5l, \quad e = (0,4 \dots 0,45) a.$$

Товщину молотка для універсальних дробарок беруть –  $\delta = 1,5 \dots 2,0$  мм, для зернових –  $\delta = 4 \dots 8$  мм.

Відстань від осі підвісу до центра мас молотка визначають за формулою:

$$c = -0,5A + \sqrt{0,25A^2 + B},$$

де:  $A, B$  – параметри молотка:

$$A = \frac{a^2 b}{\pi d^2} - 0,5a, \quad B = \frac{ab(a^2 + b^2)}{6\pi d} - \frac{d^2}{8},$$

де  $d$  – діаметр отвору молотка.

Розміщення молотків може бути рядковим або шаховим і давати можливість легко здійснювати статичне та динамічне балансування ротора.

Необхідна кількість молотків, шт.,

$$z = \frac{L_p K_o}{\delta}, \quad (4.84)$$

де:  $K_o = 0,5 \dots 1,0$  – коефіцієнт, що враховує відношення товщини молотків до ширини дробильної камери;  $\delta$  – товщина молотка, м.

Залежно від кількості осей підвіски  $i$  на роторі визначають кількість молотків, установлених на одній осі  $z_i$ ,

$$z_i = \frac{z}{i}, \text{ шт.} \quad (4.85)$$

Щоб забезпечити необхідну відстань між молотками на осях підвіски (вибрати довжину розпірної втулки), визначають крок гвинтової лінії ( $b_i$ ) за формулою:

$$b_i = \frac{L - \sum L_i}{z_i}, \quad (4.86)$$

де  $\sum L_i$  – загальна товщина дисків ротора, які не перекриваються молотками.

Відстань між сусідніми слідами молотків  $a_1$ , мм,

$$a_1 = \frac{L - (\delta z + \sum L_i)}{z} + \delta. \quad (4.87)$$

Потужність, яка потрібна для приведення дробарки в рух визначають за формулою:

$$N = N_{op} + N_n, \quad (4.88)$$

де:  $N$  – загальна потужність, кВт;  $N_{op}$  – потужність, яка витрачається на подрібнення зерна, кВт

$$N_{op} = 10^{-6} \cdot \frac{AQ}{3,6}, \quad (4.89)$$

де:  $Q$  – продуктивність дробарки, кг/год.;  $A$  – питома робота подрібнювача, Дж/кг:

$$A = 3C_1 \lg \lambda + C_2(\lambda - 1), \quad (4.90)$$

де:  $C_1, C_2$  – емпіричні коефіцієнти (при подрібненні зерна  $C_1 = (10...13) \cdot 10^3$ ,  $C_2 = (6...9) \cdot 10^3$ , при подрібненні грубих кормів  $C_1 = (7,5...8,5) \cdot 10^3$ ,  $C_2 = (0,6...0,9) \cdot 10^3$ );  $\lambda$  – ступінь подрібнення матеріалу.

$N_n$  – потужність, що витрачається на подолання сил опору повітря і транспортування подрібненого матеріалу та сил тертя в опорах вала, визначають з урахуванням конфігурації і місцевих опорів пневмотранспортної системи дробарки за типовою методикою.

У розрахунках в першому наближенні  $N_n = 10...20$  % від потужності  $N_{op}$  на подрібнення продукту:

$$N_n = (0,1...0,2) N_{op}. \quad (4.91)$$

#### 4.2.5. Спеціальні машини для подрібнення зернових продуктів

На круп'яних виробництвах, де виготовляють дроблені види крупів, застосовують спеціальні дробарки різних конструкцій з барабанними і вальцьовими робочими органами. Для підвищення продуктивності та збільшення виходу борошна в розмельних відділеннях вальцьових млинів застосовують подрібнювачі і вимелювальні машини ударної та ударно-розтиральної дії (дезінтегратори, ентойлети, деташери, бильні і щіткові машини), які подрібнюють сходові продукти з вальцьових систем млина.

##### Дробарки для дроблення крупи.

Основами технології виготовлення дробленої крупи є:

1) грубий помел зерна за технологією борошномельного виробництва;

2) перероблення готової перлової, пшеничної номерних крупів та інших видів крупи-ядриці дробленням ядра з наступним сортуванням на фракції.

При виробництві шліфованої дробленої крупи ціле зерно або виготовлену з нього крупу-ядрицю дроблять або ріжуть на частини, одержану крупу сортують на фракції і кожен фракцію крупи шліфують. Таку обробку застосовують при виробництві ячмінної, пшеничної крупи "Артек", при виробництві вівсяної і кукурудзяної дроблених крупів. Пластівці виготовляють плющенням попередньо пропареного ядра. У результаті дроблення або різання крупи отримують частинки визначеного розміру і незначну кількість борошениця.

Для дроблення і плющення зерна застосовують *барабанні дробарки з ножами і абразивними роторами та вальцьові верстати*. У вальцьових верстатах застосовують рифлені вальці з профілями рифлів виконаних по гвинтовій лінії, причому крок поздовжніх рифлів роблять великим (3...5 м) на тихохідному і малим (1,2...2,0 мм) на швидкохідному вальці (рис. 4.41, г). Відношення колових швидкостей вальців беруть 2,5:1.

**Барабанну дробарку** (рис. 4.68) застосовують для подрібнення крихких видів крупи. Принцип її дії досить простий. Крупа надходить у середину барабана з радіальними каналами. У результаті дії відцентрової сили крупа попадає в отвори, просувається по них назовні, де зрізується ножами. Висоту частинок регулюють зміною кількості ножів і частоти обертання барабана.

**Дежермінатори** (рис. 4.69) застосовують для подрібнення зерна кукурудзи на крупу з одночасним відділенням зародка. Робочим органом

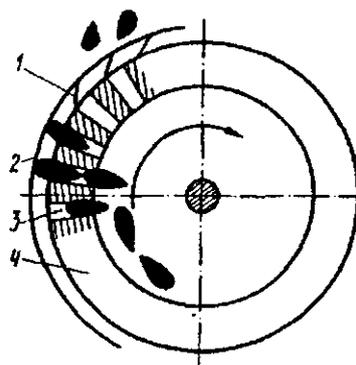


Рис. 4.68. Схема барабанної дробарки:

1 – ножі; 2 – кошух; 3 – отвір для крупи; 4 – барабан

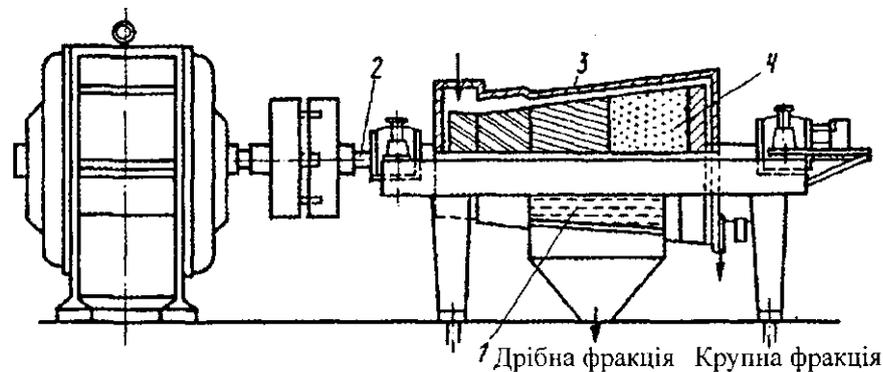


Рис. 4.69. Схема барабанної дробарки (дежермінатора):  
1 – сито; 2 – привод; 3 – кожух; 4 – конічний барабан

дежермінатора є барабан, складений із декількох сталевих конічних дисків. На поверхні перших трьох дисків від вхідного патрубка і останньому диску зроблені рифлі по гвинтовій лінії з великим кроком, а на четвертому – у вигляді пірамід з різними основами. Зовнішній сталевий товстостінний кожух має форму зрізаного конуса з виступами на внутрішній поверхні верхньої суцільної половинки і з ситом в нижній частині. Зерно надходить у вузьку частину конічного зазору, рифлями проштовхується далі, подрібнюється рифлями дисків і виступами кожуха. Дрібна фракція крупи просівається ситом, крупна сходить з сита і виводяться назовні через клапан в боковій стінці машини. Для збільшення виходу крупної фракції ядро або зерно перед обробкою пропарюють, що знижує крихкість ендосперму.

**Штифтовий дезінтегратор** (рис. 4.70, табл. 4.19) складається із двох закріплених на співвісних горизонтальних валах сталевих дисків 4, 7, які обертаються у різні сторони. Робочими органами машини є закріплені на дисках циліндричні штифти 1. Диск суміжний із прийомним пристроєм має два ряди штифтів, а сусідній – три. У такий спосіб утворюються чотири зони подрібнення між п'ятьма круговими рядами штифтів.

Штифти вільно вставлені в отворі дисків і зафіксовані з тильної сторони загальною пластиною. Пластина має радіальні лопатки 2, які

разом з диском і корпусом являють собою вентилятор, що засмоктує повітря в робочу зону машини. Повітря проникає в зону подрібнення через всмоктувальні отвори 8 і кільцевий зазор між диском 7 і корпусом машини.

Продукт самопливом поступає в приймальну коробку і далі до центра лівого диска. Від дії відцентрових і аеродинамічних сил повітряного потоку подрібнювальний матеріал рухається в зону подрібнення.

Дрібні частки продукту проходять зони подрібнення швидше ніж крупні, вони менше разів ударяються об

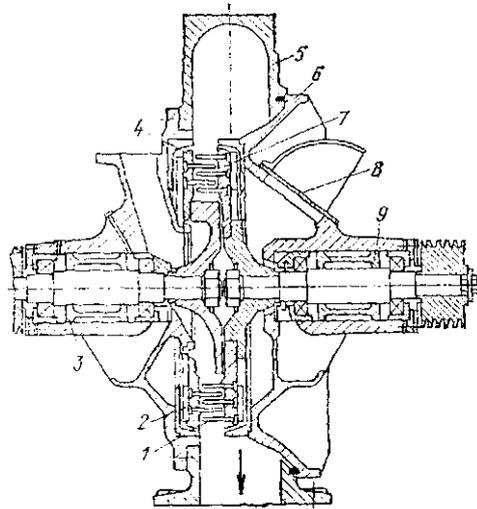


Рис. 4.70. Штифтовий дезінтегратор:

- 1 – штифт; 2 – лопатка;
- 3, 9 – підшипникові вузли;
- 4, 7 – диски; 5 – корпус; 6 – щоківка;
- 8 – отвір для подачі повітря

Таблиця 4.19

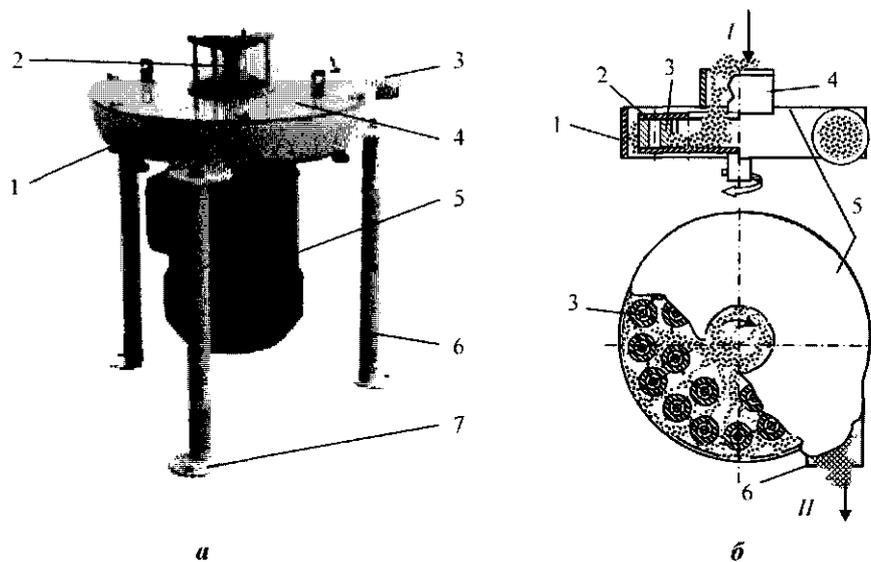
**Технічна характеристика дезінтегратора**

Продуктивність, кг/с	0,56
Діаметр дисків, мм	640
Відносна колова швидкість дисків, м/с	160
Число штифтів, шт.	376
Діаметр штифта, мм	10
Потужність електродвигуна для приводу одного диска, кВт	37
Габарити, мм:	
довжина	1800
ширина	1100
висота	1300

штифти, тому менше подрібнюються. Крушні частки навпаки декілька разів зіштовхуються зі штифтами і протираються ними в межах кожної зони подрібнення в результаті чого інтенсивно подрібнюються.

В міру віддалення штифтів від центра до периферії дисків колова швидкість і кількість штифтів у кожному наступному ряду збільшується, а крок зменшується. Завдяки цьому процес подрібнення послідовно інтенсифікується.

**Ентолейтор РЗ-БЕР** (рис. 4.71, табл. 4.20) застосовують в лінії розмельного відділення млина для подрібнення крупок і дунстів. Його розміщують після вальцових верстатів із шорсткими вальцями 1...3 розмельних систем. Робочий орган ентолейтора – ротор з вертикальною віссю обертання. Він розміщений у корпусі, виконаному у формі



**Рис. 4.71. Схема ентолейтора РЗ-БЕР:**

- а** – загальний вигляд: 1 – корпус; 2 – приймальний патрубок; 3 – випускний патрубок; 4 – кришка; 5 – двигун; 6 – стояки; 7 – амортизатори.  
**б** – функціональна схема: 1 – корпус; 2 – диски; 3 – втулка; 4 – приймальний патрубок; 5 – кришка; 6 – випускний патрубок; I – вихідний продукт; II – подрібнений продукт

Таблиця 4.20

**Технічна характеристика дискового ентолейтора РЗ-БЕР**

Продуктивність, кг/с	0,56...0,69
Діаметр дисків ротора, мм	500
Колова швидкість ротора, м/с	75
Потужність електродвигуна, кВт	2,2
Габарити, мм:	
– довжина	800
– ширина	800
– висота	1025
Маса, кг	130

равлика. Ротор складається з двох сталевих дисків 2 діаметром 430 мм, з'єднаних між собою циліндричними втулками 3. Осі втулок розташовані на двох концентричних колах по 20 в кожному ряду. Діаметр втулок зовнішнього ряду 14 мм, внутрішнього – 10 мм. Висота робочої камери ротора 35 мм.

У верхньому диску передбачені отвори для проходу зернопродуктів на нижній диск.

Технологічний процес в ентолейторі відбувається так. Продукт після подрібнення у вальцовому верстаті пневмотранспортом поступає в приймальний патрубок 4 ентолейтора і потрапляє через отвір у верхньому диску ротора в його робочу камеру. Під дією відцентрових сил інерції і повітряного потоку продукти помелу зерна рухаються від центру до периферії ротора. Унаслідок багатократних ударів об втулки і корпус зернопродукти додатково подрібнюються, а спресовані грудки руйнуються. Подрібнений продукт виводиться через патрубок 6 і далі в продуктопровід пневмотранспорту.

За даними випробувань ентолейтора, технологічний ефект при обробці крупки із вальцового верстата 2-ї розмельної системи оцінюється виходом борошна 26 % (прохід сита № 43).

При технічному обслуговуванні ентолейтора перевіряють затягування різьбових з'єднань; наявність і якість мастила в підшипниковому вузлі електродвигуна; герметичність з'єднання приймального і

випускного патрубків. На холостому ході визначають направленість обертання ротора (мусить бути за годинниковою стрілкою з боку прийому продукту).

Оперативне регулювання під навантаженням зводиться до зміни швидкості повітря на виході ситолейтора відкриттям або закриттям поздовжніх отворів повітропроводу.

**Деташери** (рис. 4.72) призначені для подрібнення проміжних продуктів після вальцових верстатів 1-й, 2-й шліфувальних і 4...10-й розмельних систем з мікрошорсткою робочою поверхнею вальців.

**Дисковий деташер А1-БДГ** (рис. 4.72, а, табл. 4.21) складається з таких основних вузлів: корпусу 2, ротора 8 з дисками, механізму регулювання зазору між дисками, приймального і випускного патрубків.

Диск 1 нерухомо з'єднано з корпусом деташера, а диск 10 може переміщатися уздовж вала 8 і притискатися до нерухомого диска 1 за допомогою важільного механізму 7 з противагою 11. Продукт поступає в приймальний отвір 3 і подається шнеком 4 в робочий простір між дисками. Тут під впливом зірочки 5 продукт перетирається і в розпушеному вигляді виходить через зазор між дисками 1 і 10.

Положення маховичка 9 фіксується гайкою. Колову швидкість зірочки дискового деташера при помелі дунстів приймають в межах 7...9 м/с, а погонне навантаження на довжини кола найбільшого діаметра диска – 12,0...14,5 т/(м·доб.) і 5...6 м/с та 8,5...9,5 т/(м·доб.) – при помелі нижнього сходу з вимелювальних систем. Відстань між зовнішніми кромками диска, зміряна уздовж валу, необхідно приймати не більш 150 мкм при подрібненні дунстів і не більш 250 мкм – нижнього сходу.

Привід деташера здійснюється від електродвигуна (на рис. 4.72 не показано) через пружну муфту, виконану з двох напівмуфт з гумовим вкладишем, що забезпечує компенсацію неточностей виготовлення і монтажу привода.

Технологічний процес обробки продукту в деташері здійснюється таким чином. З вальцового верстата продукт самопливом або через систему пневмотранспорту направляють через приймальний отвір 3 в робочу зону машини. Тут він підхоплюється дисками ротора, що обертається, відкидається до внутрішньої поверхні корпусу і поступово

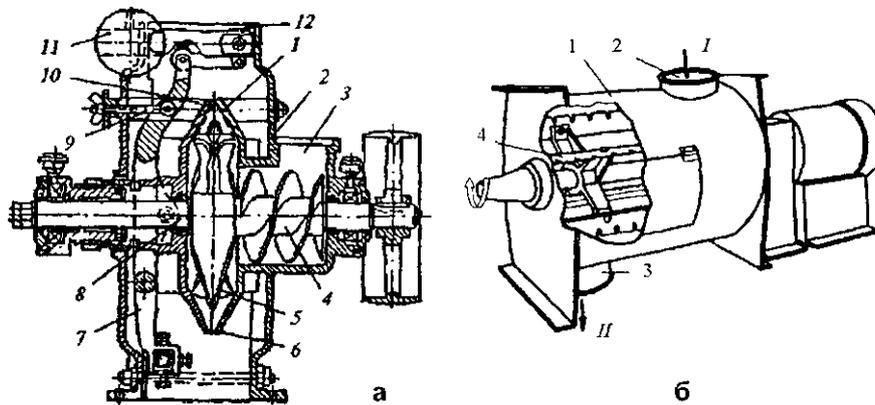


Рис. 4.72. Схеми деташерів:

- а – дисковий деташер А1-БДГ; б – барабанний деташер;  
 а: 1 – нерухомий диск; 2 – корпус; 3 – живильний патрубок; 4 – шнек;  
 5 – зірочка; 6 – зазор між дисками; 7 – важіль; 8 – вал; 9 – маховичок;  
 10 – рухомий диск; 11 – противага; б: 1 – корпус; 2 – приймальний  
 патрубок; 3 – випускний патрубок; 4 – бильний ротор; І – вихідний продукт;  
 ІІ – подрібнений продукт

переміщається до випускного патрубку. В результаті багатократних ударів і тертя частинок об диски і корпус відбувається руйнування частинок продукту.

За даними випробувань, подрібнення продукту вальцьовим верстаком 1-ї шліфувальної системи і дисковим деташером, одержують вихід борошна 14...14,5 %, при його зольності – 0,44 %.

Під час технічного обслуговування на холостому ході перевіряють: напрям обертання ротора (за годинниковою стрілкою з боку електро-двигуна); наявність і якість мастила підшипникових вузлів; герметизацію всіх з'єднань.

**Барабанний деташер** (рис. 4.72, б) складається з корпусу 1, бильного барабана 4 з приводом і впускного та випускного патрубків. Технологічний процес обробки продукту в деташері здійснюється в такий спосіб. З вальцьового верстата продукт пневмотранспортом направляється в приймальний патрубок 2, звідти надходить у робочу зону. Тут

він підхоплюється билами барабана, відкидається на стінку корпусу і поступово переміщається до вивідного патрубку. Шість приварених всередині до корпусу по всій його довжині пластинок забезпечують гальмування продукту, він довше обробляється билами, розпушується і подрібнюється. Дія похилих ділянок косозубих бил на продукт заставляє його переміщатись вздовж машини до виходу. На цьому шляху, в результаті багаторазових ударів, тертя часток об біла й внутрішню поверхню корпусу відбувається подрібнення часток.

Вихід борошна в результаті подрібнення зернопродуктів у вальцювому верстаті і деташері складає 14...14,5 %, зольність борошна – близько 0,44 %.

Таблиця 4.21

**Технічна характеристика деташера А1-БДГ**

Продуктивність, т/год.	0,4...0,6
Діаметр циліндра корпусу, мм	300
Частота обертання бичевого ротора, об/хв.	695
Діаметр бичевого ротора, мм	290
Потужність електродвигуна, кВт	1,5
Розміри, мм:	
– довжина	1040
– висота	338
– ширина	376
Маса, кг	70

**Вимелювальні машини** застосовують в лініях вальцювих млинів для відділення ендосперму від оболонок зі сходових фракцій систем дертя при переробці пшениці в сортове борошно. За конструкцією робочих органів їх поділяють на роторні, бильні і щіткові, за компонованою схемою – на машини з вертикальним і горизонтальним розміщенням ротора. Основним робочим органом вимелювальної машини є бильний або щітковий ротор, розміщений в нерухомому сітчастому циліндрі. Між ротором і циліндром встановлюють певний зазор.

В бильних машинах сходові продукти, що вміщують велику кількість зростків ендосперму з шматками оболонок, піддаються багато-

разовій ударній дії з боку бил. В результаті ударів, крихкі частинки ендосперму розбиваються і відділяються від еластичних шматочків оболонки, які при нормальній роботі машини не зазнають помітного подрібнення. Ударними імпульсами частинки ендосперму і оболонки відкидаються до сітчастого циліндра і переміщуються по ньому завдяки ухилу бил з гонками. Дрібні часточки (в основній масі ендосперм) просіюються через отвори сита, а більш крупні – шматочки оболонки переміщуються до краю сита і сходять з нього.

Принцип дії щіткових машини полягає в інтенсивному протиранні щітками продукту через поверхню циліндрового сита. Через отвори сита проходить дрібна фракція, що складається в основному з частинок ендосперма, а крупна фракція (висівки) сходять із сита.

Найбільш поширені вимелювальні машини А1-БВГ, МБО, А1-БВУ.

**Вимелювальная машина А1-БВГ** (рис. 4.73) складається з основи 1, бильного ротора 4, сита 11, приймальної камери 5 з патрубком 6, люка 2, кришки 3, привода 8. Приймальна камера 5 оснащена двома спареними клапанами 7, які служать для регулювання подачі вихідного продукту в робочу зону машини. Приймальний патрубок 6 виконано із скла для візуального контролю надходження продукту в машину.

Бильний ротор 4 складається з вала, розеток і бил. На билах ротора під кутом  $50^\circ$  відносно його осі прикріплені гонки. Ротор обертається в підшипникових опорах, закріплених на бічних стінках станини. він приводиться в обертотвий рух плоскою пасовою передачею від електродвигуна 8.

Машина укомплектована штампованими сталевими ситами з діаметрами отворів 0,75; 1,0 і 1,25 мм. Сито кріпиться гвинтами до каркаса з алюмінієвого сплаву. Каркас закріплюють до станини гвинтовими затискачами 10.

Металеві дверці 9 на корпусі призначені для зручності технічного обслуговування і ремонту. Машина працює так. Сходові продукти із систем дертя млина патрубком 6 поступають в прийомну камеру 5 і далі через клапани 7 в робочу зону машини. В результаті інтенсивних ударів бил сходові продукти розділяються на часточки ендосперму і шматочки оболонки (висівки), вони разом відкидаються на сито. Вилучені частинки ендосперма, що мають менші розміри чим отвори в

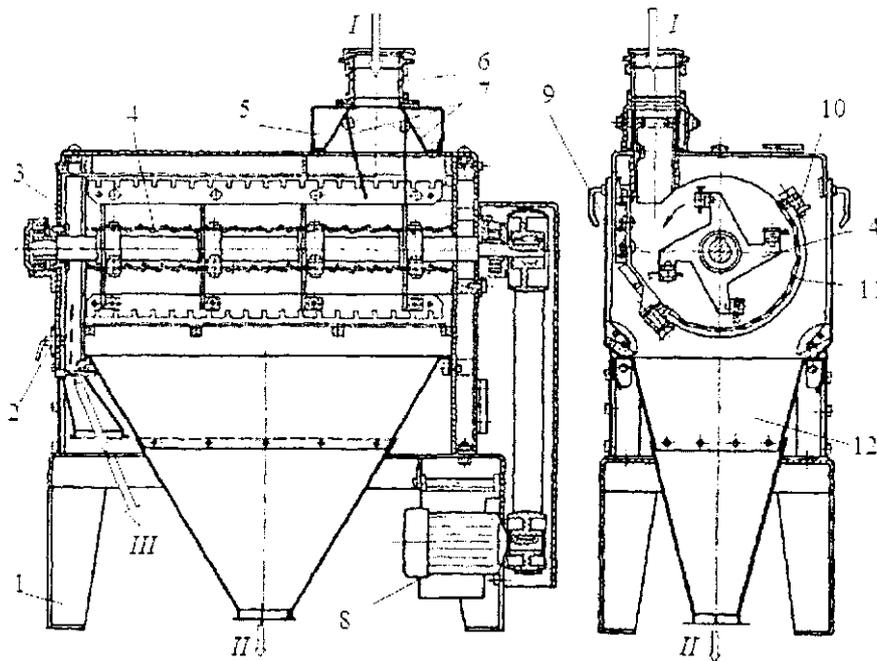


Рис. 4.73. Схема вимелювальної машини А1-БВГ:

1 – основа; 2 – люк; 3 – кришка; 4 – бильний ротор; 5 – приймальна камера; 6 – приймальний патрубок; 7 – клапани; 8 – двигун; 9 – дверці; 10 – гвинтові зажими; 11 – сито; 12 – збірник; I – вихідні сходові продукти; II – борошно; III – висівки

ситі, просіюються і потрапляють в кінцевий збірник 12 і далі по само-течійній трубі виводяться з машини. Більш еластичні в порівнянні з ендоспермом шматочки оболонок практично не здрібнюються, переміщуються гонками вздовж сита до краю, де потрапляють у вивідний патрубок і виводяться з машини.

На млинах оснащених пневмотранспортом вимелювальну машину під'єднують до матеріалопроводу системи спеціальним патрубком, який з'єднують з вивідним збірником 12 машини. На млинах з механічним транспортом робочу камеру з'єднують з аспіраційною

мережею підприємства за допомогою фланцевого з'єднання на кришці 3 машини.

Тривалість обробки продукту регулюють поворотом одного із сларених клапанів прийомної камери. Це роблять в тому випадку, якщо борошно, що виходить з машини, має темний колір, тобто вміщає багато здрібнених оболонок або коли висівки містять багато зростків з ендоспермом. В першому випадку збільшують прохідну цілину між клапанами (збільшують подачу продукту в машину), в другому – зменшують. Для контролю якості розділення сходових продуктів вручну відбирають пробу висівок на аналіз через люк 2.

Бильні машини А1-БВУ, МБО, ПВМ-3 не відрізняються принципом дії від машини А1-БДГ, їх технічна характеристика наведена в таблиці 4.22.

Таблиця 4.22

**Технічна характеристика вимелювальних машин**

Показники	А1-БВГ	МБО	МБО-1	МБО-1	МБО-1
Продуктивність т/год.	0,9...1,6	5,0...5,5	4,5...5,0	3,0...4,0	2,5...3,5
Діаметр ротора, мм	415	330	330	330	330
Діаметр циліндричного сита, мм		390	380	370	350
Номер сита	354	354	354	354	354
Частота обертання ротора, об/хв.	1000	1200	1200	1200	1200
Потужність електродвигуна, кВт	7,5	5,5	5,5	4,0	4,0
Витрати повітря на аспірацію, м <sup>3</sup> /год., не більше	500	306	306	306	306
Розміри, мм:					
– довжина	1730	1350	1350	1350	1350
– ширина	800	545	545	545	545
– висота	1710	1320	1320	1320	1320
Маса, кг	600	285	285	275	275

### **4.3. Машини для сортування подрібнених зернових продуктів**

#### **4.3.1. Класифікація машин для сортування подрібнених зернових продуктів**

Вагоме місце в технологіях переробки зерна займають процеси сортування проміжних і готових продуктів на фракції за розмірами часточок, які називаються сортуванням (просіюванням) за крупністю. При просіюванні з суміші подрібненого зерна вилучають готові продукти (борошно, крупу, висівки) і проміжні продукти, які направляють на повторне подрібнення. Вирівняні за крупністю в процесі просіювання продукти відрізняються якістю (густиною, вмістом жиру, білка, іншими показниками). Деякі продукти, наприклад, крупинки найменшої густини – зародок та найбільшої – ендосперм з центральної частини ядра, мають самостійну споживчу якість, з них формують вихідні продукти (зародок і машну крупу). При переробленні кукурудзи на крупу і борошно вилучають зародки, з яких на олійно-жирових заводах виготовляють олію.

Недоліком деяких спрощених технологій борошномельного і круп'яного виробництва є відсутність процесу сортування продуктів за якістю. В готових продуктах залишаються здрібнені частинки з високим вмістом жиру (зародків), такі продукти швидко псуються. Тому в розвинутих технологічних схемах багатосортних помелів і при виготовленні деяких видів крупів проміжні фракції сортують за якістю (густиною).

Велике значення мають процеси сортування продуктів лущення зерна і насіння олійних культур в комбікормовому і олійному виробництвах. Завдяки сортуванню проміжних продуктів, а саме вилученню з них малоцінної лузги, зводяться до мінімуму втрати сировини, підвищується якість комбікорму та олії.

Розділення продуктів подрібнення зерна на фракції за розмірами частинок виконують розсійниками з плоскими ситами та роторними просіювачами з циліндричними ситами, сортування за якістю (добро-тністю) – ситовійними машинами, повітряними сепараторами, сортувальними машинами вібраційної та пневмовібраційної дії (рис. 4.74).

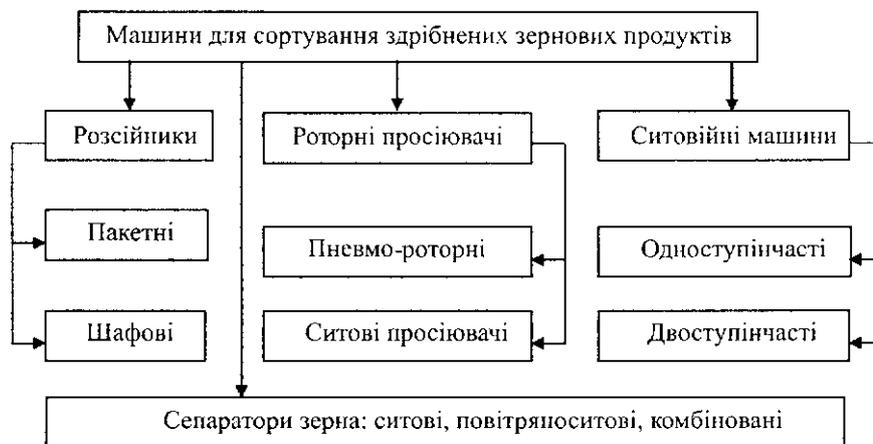


Рис. 4.74. Класифікація машин для сортування здрібнених зернових продуктів

На сучасних вальцьових млинах в основних системах розмелених відділень переважно застосовують класичні розсійники (рис. 4.75, а, б) з плоскими коливними ситами, що рухаються в паралельних площинах по кругових траєкторіях, рідше – пневматичні роторні сепаратори (рис. 4.76). Ситові роторні просійювачі (бурат, центрофугал тощо) застосовують для контролю відходів і для просійювання борошна на жорнових млинах. Для сепарування лущеного зерна та сортування готових продуктів у лущильних відділеннях крупорушок і відділеннях підготовки насіння до пресування в олійному виробництві застосовують як універсальні сепаратори зерна (див. розділ 3.1), так і спеціалізовані розсійники й ситовійні машини.

#### 4.3.2. Розсійники

На сучасних зернопереробних виробництвах для сортування здрібненого зерна найчастіше застосовують розсійники. Основний вузол розсійника – ситовий корпус, який складається з дерев'яних рам з натягнутими горизонтальними ситами. За числом ситових корпусів розсійники поділяють на однокорпусні і багатокорпусні, за конструктивним

виконанням ситових корпусів – на пакетні, в яких рами укладені одна на одну і стягнуті стяжними болтами, та шафові, в яких ситові рами розміщені в напрямних ситового корпусу.

В розсійниках застосовують металоткані, поліамідні та шовкові сита. Сита розрізняють за номерами (табл. 4.23). В якості номеру металотканого сита прийнятий розмір його комірки в міліметрах. Так, якщо сито № 056, то це означає, що розмір його комірки рівний 0,56 мм. Номер шовкових круп'яних сит визначають за кількістю комірок на 1 дм довжини сита. Наприклад, якщо сито № 270, то це означає, що саме стільки комірок припадає на 10 см (1 дм) сита. Номер шовкового борошняного сита відповідає кількості комірок на 1 см сита. Так, при 35

Таблиця 4.23

**Класифікація продуктів подрібнення по крупності**

Продукт	Номер сита			капро- нового	Розмір частинок, мм
	метало- тканого	шовкового			
		круп'яного	мучного		
Верхні сходові про- дукти	1	–	–	7	>1,15
Крупка:					
крупна	1/056*	71/120	–	7/11	0,56–1,15
середня	056/04	120/160	–	11/17	0,40–0,63
дрібна	04/–	160/200	–	17/23	0,32–0,45
Дунет:					
жосткий	–	200/260	25/29	23/29	0,25–0,32
м'який	–	260/–	29/38	29/43	0,16–0,25
Мука:					
вищого сорту	–	–	38/43	43/58	0,14–0,16
першого »	–	–	35/43	43/49	0,14–0,18
другого »	–	–	32/38	38/46	0,16–0,20
Мука крупчатка	–	–	23/25	27/29	0,25–0,32

\* В чисельнику наведено номер сита, з якого одержують даний продукт сходом, в знаменнику – проходом.

отворах на 1 см маємо сито № 35 і т. п. Номер капронових сит (борош-  
няних і круп'яних) також визначається кількістю комірок на 1 см сита.

В борошномельному виробництві застосовують класифікацію про-  
дуктів подрібнення за крупністю (табл. 4.23). Її застосовують для  
вибору сит у відповідності з прийнятим варіантом технологічного про-  
цесу сортування проміжних продуктів. Наприклад, середня крупа в  
сортовому помелі пшениці, може бути отримана проходом металотка-  
ного сита № 056 і сходом з сита № 04 або ж на шовковому круп'яному  
ситі: проходом через сито № 120 і сходом з сита № 160.

Помели жита в сортове борошно проводять без виділення крупок  
і дунстів, що пов'язано з особливостями анатомічної будови і струк-  
турно-механічними властивостями зерна жита.

За принципом зрівноваження поступального руху мас і за способом  
підвіски балансирів розсійники поділяють на кривошипні, в яких вал  
балансирів обертається в нерухомих підшипниках станини (рис. 4.75, а)  
і самобалансовані з жорстким приводним валом-веретенем (рис. 4.75,  
б, в) та інерційними приводами (рис. 4.75, в), в яких вал балансирів  
опирається на підшипник головної рами розсійника. Під час руху само-  
балансованого розсійника сили інерції  $P_i$  головної рами і укріплених на  
ній ситових корпусів урівноважуються відцентровими силами інерції  
 $P_g$  вантажів, що обертаються, тому динамічні реакції не передаються  
на будівельні конструкції приміщення. У порівнянні з кривошипними,  
надійність самобалансованих приводів вища, вібрації і шум -- менші.

Ситові корпуси здійснюють круговий поступальний рух в горизон-  
тальній площині. Під час руху розсійника будь-яка точка сита описує  
коло однакового радіусу  $r$  (рис. 4.76). На частинку продукту масою  $m$   
діють гравітаційна сила  $G$ , нормальна реакція сита  $N = G$ , сила тертя  
 $R_f = fN$  і відцентрова сила  $P_j = mr\omega^2$ .

Н. Е. Жуковський вивів закон руху матеріальної часточки на пло-  
щині (ситі), при її круговому коливному русі. Він довів, що при дея-  
кому значенні кутової швидкості  $\omega$  виникає відносний рух матеріаль-  
ної частки на площині з частотою коливань площини  $\omega$ , траєкторія  
руху частинки мало відрізняється від кола.

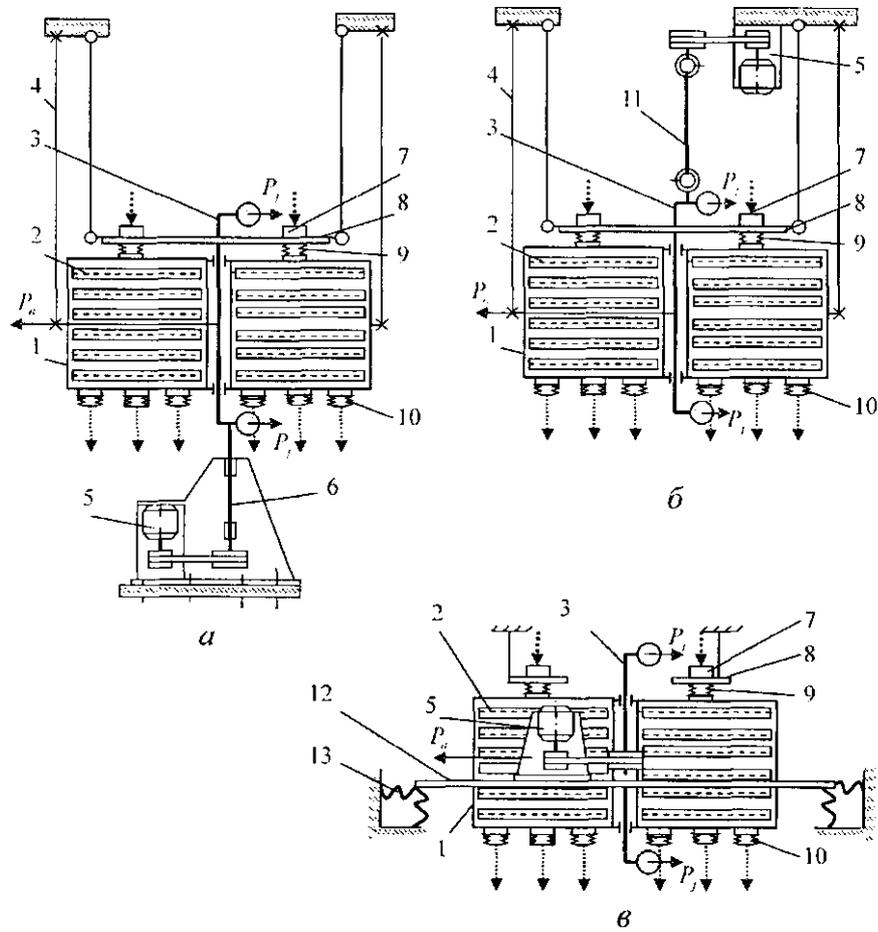


Рис. 4.75. Схеми розсійників:

а – з кривошипним приводом; б – самобалансований з веретеном;

в – самобалансований з приводом на корпусі:

1 – секція, 2 – сито; 3 – балансир; 4 – трос; 5 – привод; 6 – вал; 7 – живильна  
коробка; 8 – підвісна опора; 9, 10 – еластичний рукав; 11 – веретено;

12 – головна рама; 13 – пружні опори

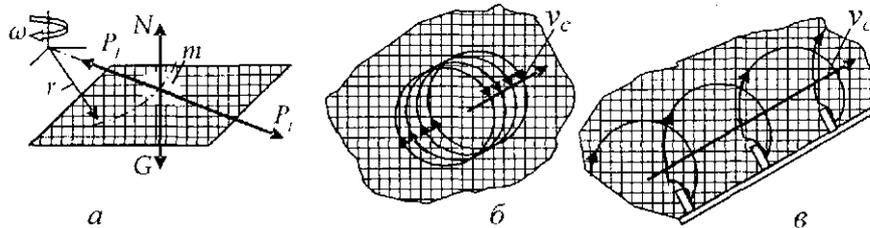


Рис. 4.76. До визначення траєкторії відносного руху продукту на ситі: а – схема сил, що діють на частинку продукту; б, в – траєкторії відносного руху частинки на поверхні сита: б – при відсутності взаємодії і в – із взаємодією частинки з стінками і гонками сита

Рух частинки (просіювання продуктів ситом) настає тоді, коли відцентрова сила стає більшою за силу тертя її по ситі

$$P_j = m\omega^2 r > mgf, \quad (4.92)$$

де:  $f$  – коефіцієнт тертя ковзання часточки по ситі;  $g = 9,81$  – прискорення земного тяжіння,  $m/c^2$ .

З умови (4.92) визначають кутову швидкість привода балансира розсійника, рад/с, при якій буде відбуватись просіювання продуктів ситом

$$\omega = k\omega_k = k\sqrt{\frac{g \cdot f}{r}}, \quad (4.93)$$

де:  $k = 1,2 \dots 2,0$  – коефіцієнт;  $\omega_k$  – критична частота коливань сита.

Траєкторії відносного руху частинок на вільній поверхні сита є криві, близькі за формою до кола, тому середні швидкості частинок  $v_c$  в поздовжньому напрямку сита (рис. 4.76, б) за цикл мало відрізняється від нуля. Це означає, що частинки з розмірами більшими від отворів сита, будуть накопичуватись на ситі, знижуючи продуктивність машини, тобто процес сортування не може відбуватись безперервно. Щоб цього не відбувалось, ситові рами в подовжньому напрямку ділять на декілька каналів і застосовуються спеціальні пристосування – гонки (жерстяні планки прямокутної форми). Гонки прикріплюються над ситом до бокової стінки рами каналу, вздовж якого рухається продукт.

При цьому у вузьких каналах траєкторії частинок продукту пересікаються з бічними стінками каналів. Частинки вдаряються в гонки і стінки, відбиваються від них в сторону сходу з сита, і далі продовжують рух вже по нових траєкторіях до наступної зустрічі зі стінкою рами або гонком. В результаті отримують зигзагоподібне переміщення продукту по ситі (рис. 4.76, в) і досягають безперервності перебігу процесу сортування з бажаною середньою швидкістю руху частинок продукту відносно сита.

Загалом ефективність роботи розсіювачів характеризується питомим навантаженням, яке дорівнює відношенню продуктивності млина до загальної площі сит розсіювача. При багатосортних помелах зерна встановлене питоме навантаження на розсіювачі типу ЗРМ в межах 600...800, для розсівів типів ЗРШ, РПС – 600...1100 кг/(м<sup>2</sup>·добу). Для будь-якої заданої площі поверхні просіювання є раціональне відношення довжини сита до його ширини, при якому досягається максимальна ефективність сортування. Так, при площі сит 0,25...0,34 м<sup>2</sup> раціональним є відношення довжини до ширини, рівне двом. На практиці використовують ситові рами з розмірами сита 400x800 мм і шириною каналів 80...160 мм.

Для забезпечення необхідної продуктивності розсіювача при обмеженому розмірі сита (рама), необхідно встановлювати сита для роботи їх за паралельною, послідовною і змішаною схемами та зробити відповідно прийнятій схемі роботи сит необхідну кількість приймальних, перепускних і випускних каналів. Для цього ситові рами роблять з прохідним, розподільним (рис. 4.77, а, б) та з розбірним суцільним дном (рис. 4.78, а) (одпоскатним або двоскатним). Рама з прохідним дном (рис. 4.77, а) розділена подовжньою перегородкою на дві частини. Для створення приймального і випускного каналів встановлені поперечні бруски 2 і 3. Подовжні перегородки 4 утворюють канал 5. Сито прибивають до рами з нижньої сторони. До подовжніх сторін ситової рами і подовжніх перегородок кріплять гонки 6. Над ситом до стінок рами і брусків прикріплюють дно (короб) 7 з тонкої листової сталі. По всій довжині дна роблять вирізи, співпадаючі з каналом 5, тому таке дно є прохідним. Продукт, що падає на нього з верхнього сита, проходить через канали в дни, не потрапляючи на сито даної рами.

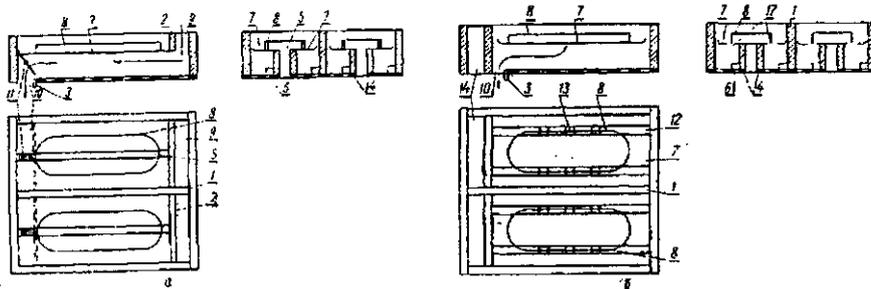


Рис. 4.77. Схеми ситових рам розсіювачів типу ЗРМ:

а – рама з прохідним дном; б – рама з розподільним дном;  
 1, 4 – поздовжні перегородки; 2, 3, 13 – поперечні бруски; 5, 9, 10, 14 – канали; 6 – тонки; 7 – дно; 8 – напрямні щіток; 11 – заслінка; 12 – вирізи

На верхній площині дна укріплені сталеві напрямні 6 для інерційних щіток. Щітки нижньої рами під час руху очишають сито верхньої рами. Направмі мусять бути гладенькими без виступаючих частин, однакової ширини та висоти. Їх жорстко кріплять до проміжних опор ситової рами.

Продукт поступас на сито через канал 9. Частина його, що йде сходом, видаляється через канал 10. Щоб усунути можливість попадання продукту з дна 7 в канал 10, в каналі 5 передбачені лотки 11.

Для пропуску окремих фракцій продукту з верхніх сит, замість бруска 3 по висоті рами встановлюють поперечну перегородку, яка служить однією із стінок каналу.

На рисунку 4.77,б показана рама з розподільним дном. У її дні зроблено з кожної сторони по два вирізи 12, внаслідок чого продукт поступає на сито даної рами і рівномірно розподіляється по його поверхні. Для придання жорсткості ослабленому вирізами дну і підтримки сталевих напрямних щіток, окремі частини дна з'єднані поперечними планками 13. В цій рамі продукти з верхніх рам проходять мимо власного сита через канали 14.

Залежно від місця знаходження ситових рам по висоті корпусу в них передбачають деяку кількість поперечних каналів для пропуску окремих фракцій, одержаних з ситових рам, розташованих вище.

Для точної установки рам однієї на іншу в кутках кожної рами передбачені дерев'яні косинці, виступаючі над верхньою площиною її стінок.

Двокорпусні і чотирьохприймні розсіювачі ЗРМ і ЗРМ-2М призначені для сортування проміжних продуктів, і також для контролю борошна на млинах. Розсіви ЗРМ і ЗРМ-2М самозбалансовані з ситовими корпусами пакетної конструкції, з веретеним (ЗРМ) або безверетеним (ЗРМ-2М) приводом.

На сучасних зернопереробних виробництвах найпоширенішими є двох, чотирьох, шести і восьми корпусні розсіювачі (табл. 4.24). Вони мають ідентичну будову основних вузлів, тому розглянемо їх будову на прикладі чотирьохкорпусного розсіювача ЗРШ4-4М (рис. 4.79). Він складається із чотирьох корпусів виконаних у вигляді шафи і підвішений за допомогою кронштейнів 2 на чотирьох підвісках 9 із сталевого троса до спеціальної рами стельового перекриття. Кінці підвісок кріплять клиновими замками 11 до несучих балок 10 основної рами.

Над корпусом розсіювача встановлені на штангах 3 приймальні коробки 4. Штанги кріплять до стельової рами за допомогою канатів і хомутів 1.

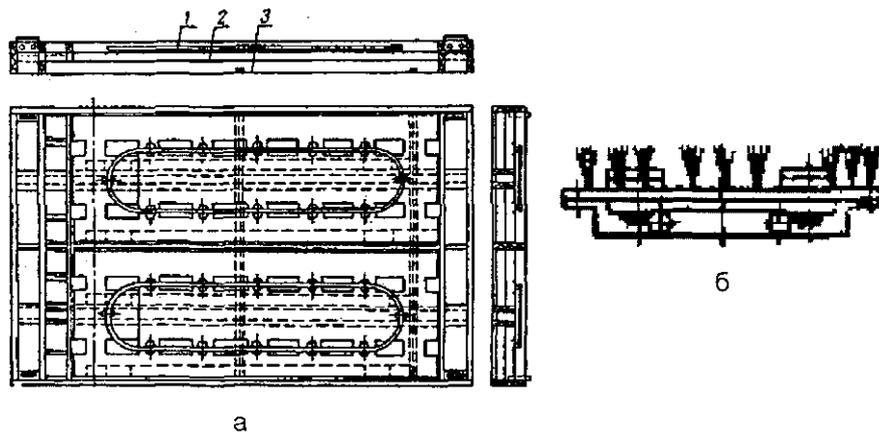


Рис. 4.78. Рама з розподільним і суцільним збірним дном (а) та інерційна щітка (б):  
1 – розподільче дно; 2 – суцільне дно; 3 – сито

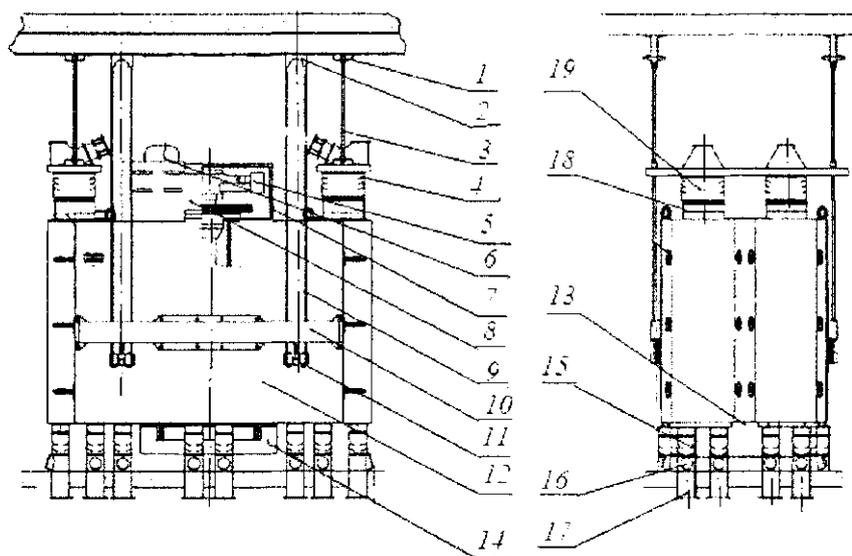
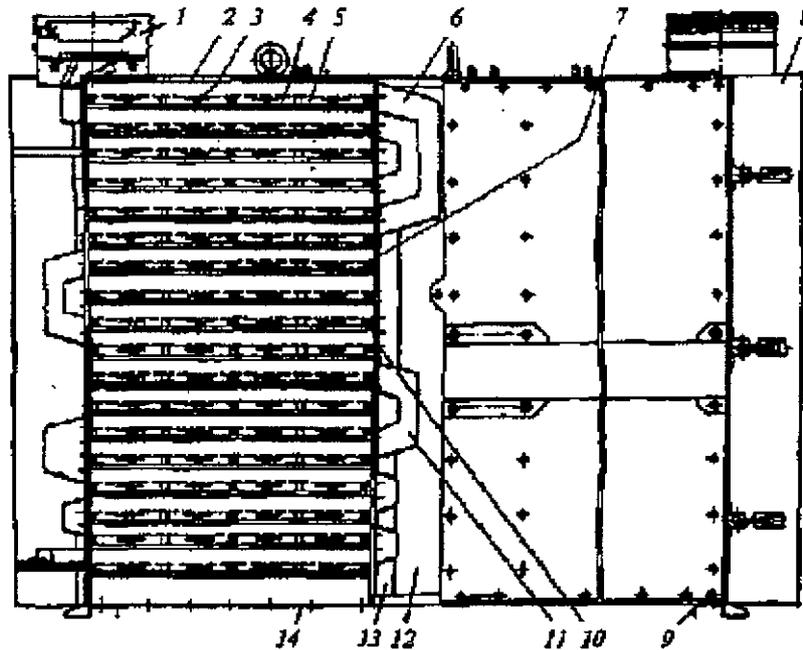


Рис. 4.79. Розсіювач ЗРШ4-4М

1 – хомути; 2 – кронштейн; 3 – штанги; 4 – приймальні коробки;  
 5 – балансірний механізм; 6 – електродвигун; 7 – кожух; 8 – кронштейн  
 для кріплення електродвигуна; 9 – підвіски; 10 – балки; 11 – клинові замки,  
 12 – шафа; 13, 14 – несуча рама; 15, 19 – рукава; 16, 17, 18 – патрубки

Під корпусом на фундаменті встановлено блок патрубків 16 і 17. Патрубки 18 приймального пристрою і напільні патрубки з'єднуються з патрубками корпусу гнучкими матерчатими рукавами 19 і 15, які кріплять на патрубках гумовими кільцями. Ситові корпуси самобалансовані, приводяться в коливальний рух від інерційного приводу, який складається з балансира 6 і електродвигуна 5, закріпленого на кронштейні 8. Привод закрито огорожею 14. Корпус має несучу раму 13. Шафа розсіювача (рис. 4.80) складається з несучої рами 12, до якої кріплять чотири секції 7, днище 14, кришку 2 та обшивку. Вони зовні закриті дверима 8, а позаду – перепускними коробками 6, 11, 13 і стінкою 10. На напрямних у секціях установлені по 18 ситових рам 5 з піддонами 4. У коробах рам розміщені очисники 3. Над кожною



*Рис. 4.80. Шафа розсійника ЗРШ4-4М:*

- 1 – приймальна коробка; 2 – кришка; 3 – ситова рама; 4 – піддон;  
 5 – інерційний очисник; 6, 11, 13 – перепускні коробки; 7 – секція; 8 – двері;  
 9 – ущільнення; 10 – стінка; 12 – несуча рама; 14 – днище

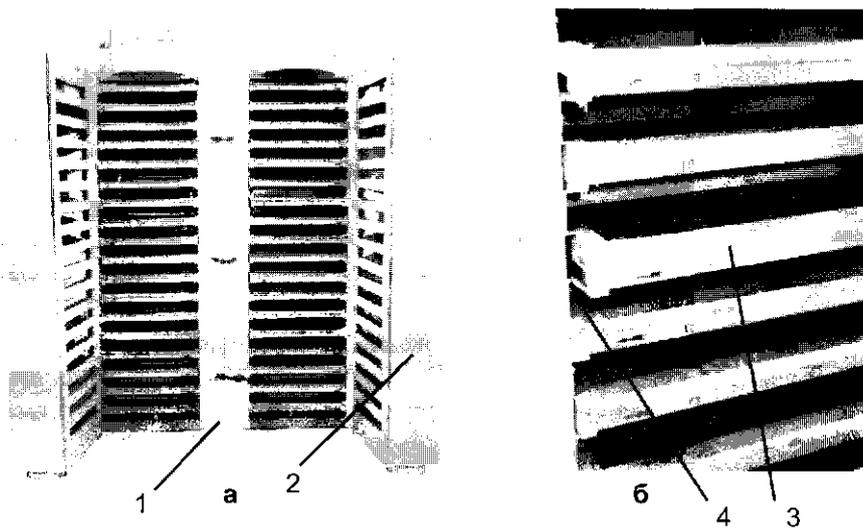
секцією на даху шафи розташовані живильники 1. На боковинах шафи закріплені балки. Внизу з боку дверей також є несучі балки, які одночасно служать опорами для дверей. На дні корпусу, установлені приймальні коробки і випускні патрубкі. Рама шафи зварна, складається із сталевій труби з фланцями під корпуси підшипників балансірного механізму і чотирьох перегородок, до яких кріплять кришку, днище, каркаси секцій, обшивку. Каркас секції – жорстка просторова конструкція з двома панелями, сполученими між собою ребрами. Кожна панель складається з двох стояків, до яких прикручені напрямні рам. До стояків приклепані сталеві кутники і кронштейни для забезпечення міцного кріплення секції в шафі.

У стояках установлені по дві дерев'яні заглипки, які сумісно з розташованою між ними перегородкою, дозволяють перекривати бічний канал секції. Залежно від виконання секції число перегородок може бути одна, дві або їх може не бути.

Ситові рами виготовляють з дерев'яних брусків. Рама брусками розділена на чотири канала. У них вставляють перфороване дно (коробку). Щоквини коробки не мають отворів і служать для захисту дерев'яних частин рами від зносу їх пітковими очисниками.

Піддони ситових рам зроблені в двох виконаннях: односхилі і двосхилі. Односхилі піддони мають бічні вікна з одного боку, двосхилі – з обох. На нижній площині піддону закріплені косинці, що служать для фіксації піддону в секції шафи, для виймання рами з секції, а також для жорсткості його конструкції.

Двері розсійника складаються з корпусу, каркаса, перепускних коробок, стінок, перегородок, двох випускних патрубків і ущільнення для герметизації шафи. Корпус дверей коробчатої форми виконаний з листового алюмінієвого сплаву.



*Рис. 4.81. Загальний вигляд шафи розсійника:*  
1 – корпус; 2 – двері; 3 – ситові рами; 4 – напрямні рам

На шокovinaх каркаса є крошштейни для навішування дверей і регулювання щільності її прилягання до секції шафи. На верхній стінці зроблено напівкруглий отвір, окантований кутником з прокладкою, призначений для забезпечення щільного прилягання дверей до живильника, розташованого на даху шафи. Знизу є два випускні отвори для оброблених продуктів.

Набір перепускних коробок і стінок в дверях служать для формування потоків різних фракцій продукту, що виходять в результаті просіювання. Коробки і стінки будь-яких дверей взаємозамінні і можуть бути устатковані як перепускні коробки і стінки усередині секції. Для зменшення маси розсійника більшість деталей дверей, каркасів, обшивки шафи виконані з алюмінієвих сплавів.

Живильник на даху шафи, служить для рівномірного розподілу вихідного продукту на три ситові рами і складається з патрубку з конусом і диска з тарілкою. На диску зроблено дванадцять отворів для проходження продукту. За допомогою скатів, розташованих в патрубку, площа отворів, а отже, і вхідний продукт діляться на три рівні частини.

Приймальний пристрій призначений для подачі в корпус розсійника продуктів помелу зерна. Він складається з рами, двох приймальних коробок і патрубків.

Під час руху продукту по ситах, що здійснюють кругові поступальні коливання в горизонтальній площині, здійснюється сортування продукту за розмірами частинок.

Секції розсійника можуть бути настроєними на любую з технологічних схем (рис. 4.82), що використовують для сортування всіх проміжних продуктів при сортових і оббивальних помелах зерна пшениці на борошно.

Розсійники типу РПС (рис. 4.83, табл. 4.25), призначені для сортування на фракції за крупністю продуктів помелу зерна на вальцьових млинах. Вони складаються з рами зі вставленими пакетами ситових рамок, приводу, завантажувальних і розвантажувальних патрубків. Корпус розсійника підвішується на чотирьох сталевих канатах до стелі. Амплітуда коливань розсійника змінюється за рахунок зміни положення вантажів балансирів. Ситові рамки виготовлені з деревини і покриті екологічно чистим пластиком. Конструкція розсійника дозволяє реалізувати будь-яку схему сортування проміжних продуктів на вальцьовому млині і швидко змінити її.

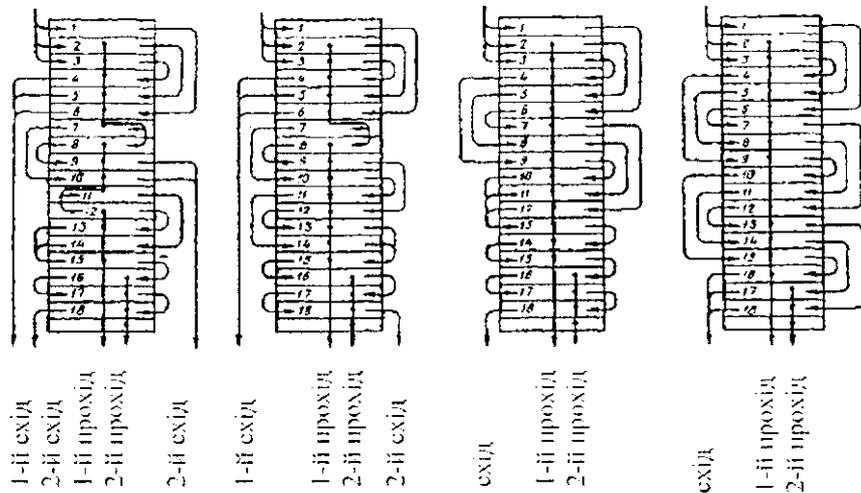


Рис. 4.82. Технологічні схеми процесів розсійника

Таблиця 4.24

Технічна характеристика шафних розсійників

Показники	ЗРШ4-4М	ЗРШ6-4М	РЗ-БРБ	РЗ-БРВ
Число секцій, шт.	4	6	6	4
Число ситових рамок в секції, шт.	14	14	22	22
Розміри ситової рамки, мм	400x800	400x800	404x680	404x680
Загальна площа сит, м <sup>2</sup>	18	27	28,2	18,8
Радіус кругових коливань, мм:				
– з продуктом	47	47	37,5	37,5
– без продукту	40	40	41,0	41,0
Потужність електродвигуна, кВт	4	4	4	3
Витрата повітря на аспірацію, м <sup>3</sup> /ч	720...1020	960...1440	–	–
Габаритні розміри, мм:				
– довжина	2340	3090	3730	2770
– ширина	1440	2020	1085	1085
– висота кузова	2370	2370	2036	2036
Маса, кг	1920	3050	3200	2600

Модель	Hmin мм	Hmax мм	h мм
РПС4-17	1800	3000	1600

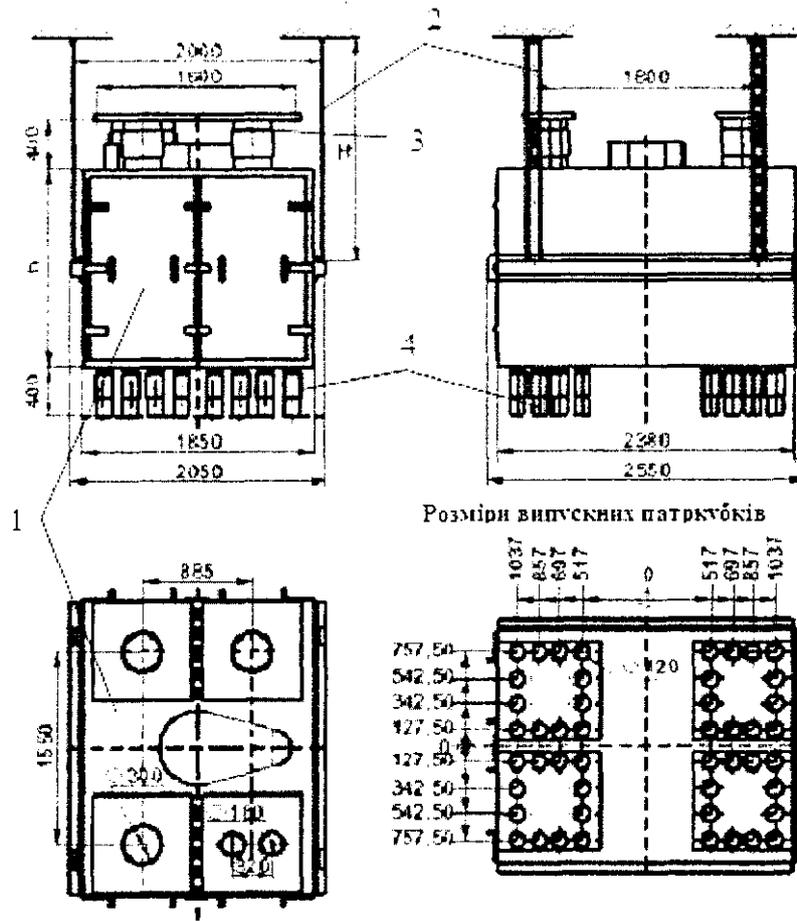


Рис. 4.83. Компонувочна схема розсіюника РПС 2-14:  
1 – корпус; 2 – підвіски; 3 – приймальна коробка; 4 – вивідні рукава

Таблиця 4.25  
Технічна характеристика пакетних розсійників для млинів виробництва  
ЗАТ «Станкіпром» м. Харків

Показник	РПС 2-14	РПС 2-18	РПС 2-22	РПС 4-17	РПС 6-17	РПС 6-22	РПС 8-17	РПС 8-22
Кількість секцій, шт.	2	2	2	4	6	6	8	8
Загальна площа сит, м <sup>2</sup>	3,4	10,8	13,2	20,4	30,6	39,6	40,8	52,8
Частота колівань, об/хв.	220	220	220	220	220	220	220	220
Радіус кругових колівань, мм	35...40	35...40	35...40	35...40	35...40	35...40	35...40	35...40
Встановлена потужність, кВт	1,5	1,5	1,5	4,0	4,0	4,0	5,5	5,5
Габаритні розміри, мм								
довжина	2600	2600	2600	2050	2950	2950	3860	3860
ширина	950	950	950	2550	2550	2550	2550	2630
висота	1850	2250	2520	2000	2000	2360	2200	2560
Маса, кг	800	950	1050	2400	3200	3200	4500	5100

Розсійники типу РПК (табл. 4.26), призначені для сортування на фракції за крупністю продуктів на круп'яних виробництвах. Вони мають ідентичну будову з розсійниками типу РПС.

Таблиця 4.26

**Технічна характеристика пакетних розсійників для крупорушок виробництва ЗАТ “Станкіпрол” м. Харків**

Показники	РПК 2-14	РПК 6-14
Кількість секцій, шт.	2	6
Загальна площа сит, м <sup>2</sup>	8,4	25,2
Частота коливань, об/хв.	190	190
Радіус кругових коливань, мм	25..30	25..30
Встановлена потужність, кВт	1.5	4.0
Габаритні розміри, мм		
– довжина	2600	2950
– ширина	950	2550
– висота	1850	2000
Маса, кг	840	3500

**Технологічний розрахунок розсійника.** Продуктивність розсійника  $Q$ , кг/год., розраховують за формулою:

$$Q = qS, \quad (4.94)$$

де:  $q = 600 \dots 1300$  – питоме навантаження на сито, кг/(м<sup>2</sup>·доб.);

$S$  – сумарна площа ситової поверхні розсійника, м<sup>2</sup>.

Робочу частоту інерційного вібратора, конструктивні параметри пружних підвісок головної рами розраховують методами динаміки машин. Потужність для приведення розсійника в колильний рух розраховують з урахуванням типу механізму збурення коливань і конструктивних особливостей опор (підвісок) за формулами (див. розділ 3, ф-ли (3.13) і (3.25)).

### 4.3.3. Роторні просіювачі

Роторні просіювачі застосовують в основних сортувальних системах розмельних відділеннях млинів “Фермер-0,6”, жорнових млинах і для просіювання сходових фракцій з великим вмістом висівок, які отримують з розсіювачів основних систем вальцьових млинів. Найпоширенішими є роторні просіювачі вібраційної дії – віброцентрофугали та пневмороторні сепаратори.

**Віброцентрофугал РЗ-БЦА** (рис. 4.84, табл. 4.27) призначений для висівання борошна з труднорозділимими проміжних продуктів розмелу зерна з великим вмістом висівок. Основні робочі органи просіювача – бильний ротор 2 і циліндричне сито 3, яке приводиться вібратором 6 в коливний рух в напрямку перпендикулярному осі сита.

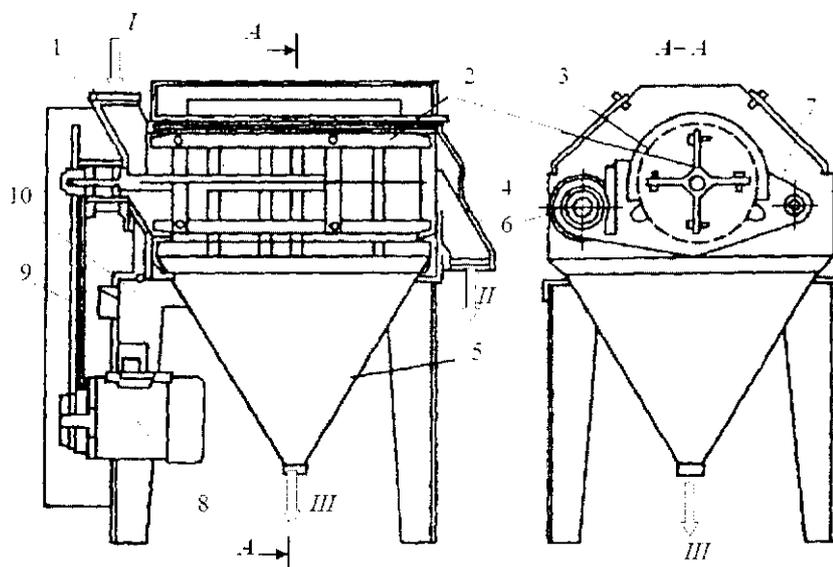


Рис. 4.84. Технологічна схема віброцентрофугала РЗ-БЦА:

- 1 – приймальний патрубок; 2 – бильний ротор; 3 – ситовий циліндр;
- 4, 5 – випускні патрубки; 6 – вібратор; 7 – балансір вібратора;
- 8 – електродвигун; 9 – клинопасова передача; 10 – станина;
- I – вихідний продукт; II – висівки; III – борошно

Таблиця 4.27

## Технічна характеристика віброцентрофугала РЗ-БЦА

Продуктивність, т/год.	0,5... 1,0
Площа ситової поверхні, м <sup>2</sup>	0,66
Амплітуда коливань ситового циліндра, мм	2
Частота обертання, хв. <sup>-1</sup> :	
ротора	500...710
вібратора	2500
Потужність електродвигуна, кВт	2,2
Габарити ситового циліндра, мм:	
діаметр	300
довжина	700
Маса, кг	255

Вихідний продукт надходить через приймальний патрубок 1 у середину ситового циліндра 3. Біла ротора 2 підхоплюють продукт і відкидають його до поверхні сита. Внаслідок високочастотних коливань сита з борошнистої суміші витрушується борошно. Воно проходить через отвори сита і зсипається з нього у випускний патрубок 5. Частинки висівок під дією бил і вібрації переміщуються вздовж сита, сходять з нього і виводиться з машини патрубком 4. Високочастотні коливання ситового циліндра інтенсифікують процес просівання і забезпечують самоочищення сита.

Продуктивність віброцентрофугала регулюють заміною швидкості обертання ротора перестановкою шківів пасового приводу 9, а також зазора між білами і ситовою поверхнею. Змінюють зазор пересуванням бил в радіальному напрямку, у межах 12...13 мм.

Технологічну ефективність роботи машини оцінюють співвідношенням зольності отриманих фракцій. При нормальній роботі машини зольність сходової фракції (висівок) мусить бути в 2,5...2,8 рази вище, ніж прохідної (борошна).

**Пневмороторний просіювач** (сепаратор) застосовують для сортування за крупністю проміжних і готових продуктів в розмельних відділеннях млинів сільськогосподарського призначення. Основними

робочими органами просіювача (рис. 4.85) є комбіноване сито 2 і щітково-лопатевний ротор 3. Розділення продукту на прохідні фракції  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$  та сходову фракцію  $\Phi_3$  відбувається завдяки тиску лопаток і щіток на нього, дії відцентрової сили на продукт і вакууму під ситом, який підтримується пневмотранспортною системою млина.

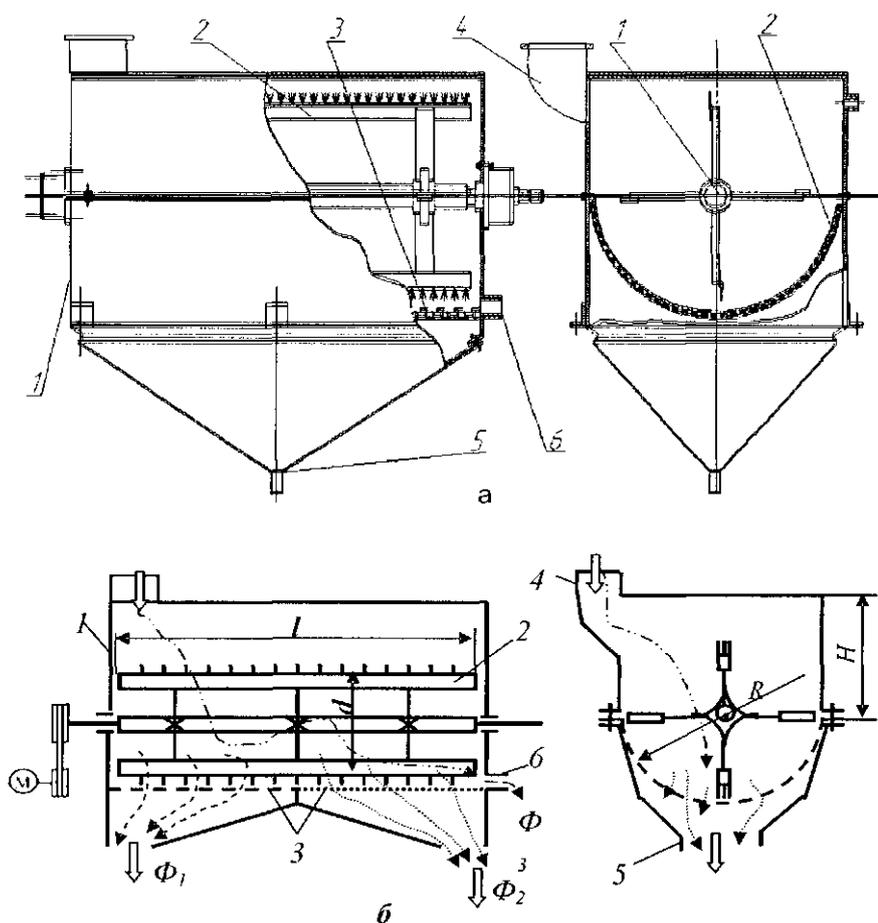


Рис. 4.85. Пневмороторний просіювач млина "Фермер-0,6":  
 а – загальний вигляд; б – функціональна схема; 1 – корпус; 2 – ротор;  
 3 – сито; 4 – впускний патрубок; 5, 6 – випускні патрубки

Продуктивність просіювача визначають за формулою:

$$Q = \pi R l q, \quad (4.95)$$

де:  $q$  – питоме навантаження на сито:  $q = 2000 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год.}$  – для сортування проміжних продуктів і  $q = 500 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год.}$  – для сортування (просіювання) борошна;

$R, l$  – радіус і довжина сита, м.

Кутова швидкість, рад/с,

$$\omega = \sqrt{\frac{gK}{R}}, \quad (4.96)$$

де:  $K = 8,0 \dots 10,0$  – коефіцієнт кінематичного режиму;  $R$  – радіус сита, м;  $g = 9,81$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Із формули (4.95) визначають радіус сита:

$$R = \sqrt{\frac{Q}{\pi k q}}, \quad (4.97)$$

де  $k$  – відношення довжини сита до його радіуса, з конструктивних міркувань приймають  $k = 0,8 \dots 1,2$ .

Довжина сита, м:  $l = kR$ .

Висоту камери і діаметр ротора:  $H = 1,2R$ , м;  $d = 2R - 0,12$ , м.

Потужність для приведення ротора в дію, кВт

$$N = N_1 + N_2, \quad (4.98)$$

де  $N_1$  – потужність, яка витрачається на придання кінетичної енергії продукту, кВт,

$$N_1 = k_v \frac{Qv^2}{3,6 \cdot 10^6}, \quad (4.99)$$

де:  $v$  – колова швидкість лопатей ротора, м/с;  $k_v$  – емпіричний коефіцієнт,  $k_v = 0,3 \dots 0,5$ ;

$N_2$  – потужність на подолання сил тертя продукту об сито, кВт:

$$N_{1,2} = 2,5 \cdot 10^{-6} \omega^3 R^3 l h \rho f, \quad (4.50)$$

де:  $h = 0,1R$  – висота шару продукту в ситі, м;  $f = 0,37$  – коефіцієнт тертя – ковзання;  $\rho = 760 \dots 830$  – густина продукту, кг/м<sup>3</sup>.

#### 4.3.4. Машини для збагачення зернових продуктів

При сортових помелах пшениці проміжні продукти (крупки і дунсти, які отримують подрібненням зерна в перших системах дертя з наступним їх сортуванням розсійником), є однорідними за крупністю, але неоднорідними за якістю (густиною). До складу цих продуктів входять крупні частинки чистого ендосперму, зрощені частинки ендосперму з частинками оболонки (зростки) і частини оболонки. Якщо цю суміш повторно подрібнювати вальцьовими верстатами розмельних систем млина, то ступінь подрібнення як ендосперму так і оболонки зростатиме. Дрібно подрібнені оболонки при повторному сортуванні ситами розсійника будуть просіюватися разом з борошном і якість борошна буде значно знижуватись. Тому важливо відділити основну масу висівок і зростків від частинок ендосперму після першого етапу подрібнення, з тим щоб пізніше їх диференційовано подрібнювати, а саме крупні зростки в системах дертя, дунсти з великим вмістом здрібнених оболонки – в останній сходовій розмельній системі. Розділення приблизно однакових за розмірами частинок продукту виконують за їх густиною, а процес такого розділення називають збагаченням вихідних продуктів. Він займає вагомe місце у загальному ланцюгу технологічних процесів високосортних помелів зерна пшениці в борошно. В такий спосіб отримують манну крупу, яка складається з крупинки ендосперму найбільшої густини з розмірами 0,18...0,28 мм, вилучають з подрібненого зерна зародки, отримують стандартне за показниками якості сортове борошно тощо. Сучасні вальцьові млини вітчизняного виробництва продуктивністю до 2,5 т/год. мають спрощену схему сортування проміжних продуктів без застосування ситовійних машин. Винятком є млин “Харків`янка-2500” ЗАТ “Укрстанкінпром”, в якому застосовано ситовійну машину для збагачення зернових продуктів. Промислові вальцьові млини великої продуктивності мають розвинуті технологічні схеми сортування продуктів з ситовійними процесами.

Проміжні продукти на млинах з розвинутим технологічним процесом сортування збагачують на ситовійних машинах віброшесвматичної дії, які поділяють суміш на фракції за аеродинамічними властивостями, густиною та розмірами частинок.

У крупорушках і олійному виробництві збагачують проміжні продукти за двохетапною схемою. На першому етапі проміжні продукти сортують на фракції за розмірами просіюванням ситовими сепараторами, на другому – кожен однорідну за розмірами фракцію продукту провіюють у повітряних сепараторах різної конструкції за швидкістю витання частинок. За принципом дії, конструктивними ознаками та призначенням, обладнання для збагачення проміжних продуктів поділяють на види (рис. 4.86).

**Ситові машини.** Промисловість випускає ситові машини з одним або декількома прийомними коробками, які забезпечують незалежне сортування продуктів одним або паралельними потоками, а також

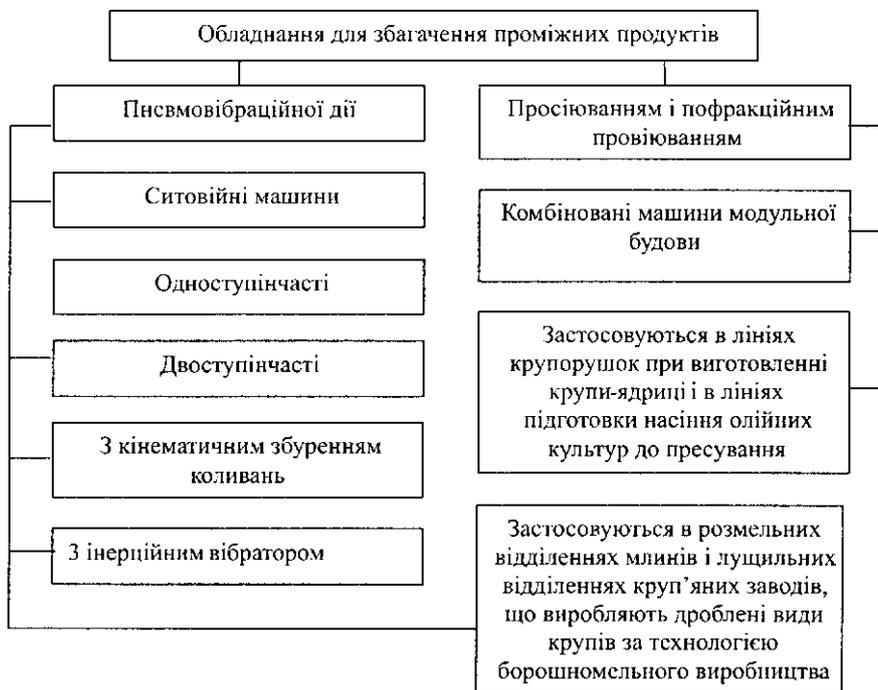


Рис. 4.86. Класифікація обладнання для збагачення проміжних продуктів на зернопереробних виробництвах

з одним або декількома ярусами сит. Одноярусна ситовійна машина з однією прийомною коробкою 17 (рис. 4.87) має аспіраційну камеру 1 з розміщеними в ній нахиленими від середини до краю жолобками 2, ситовий корпус 8, п'ять випускних еластичних патрубків 4, 5, 6 і 13 для виведення з машини відсортованих фракцій, станину 15 і інерційний вібратор 14. Ситовий корпус 8 підвішений до станини на шарнірних підвісках 3 і приводиться в зворотно-поступальний рух інерційним вібратором 12.

Кут нахилу підвісок до вертикальної площини регулюють переміщенням осей підвісок в пазах кронштейнів в межах 5... 15°. На задній підвісці встановлено пружину стиску 7.

У корпусі розміщено один ярус ситових рам 11. Ситові рами зварної конструкції виготовлені з алюмінієвого профілю. Сито до рам прикріплюють спеціальними замками.

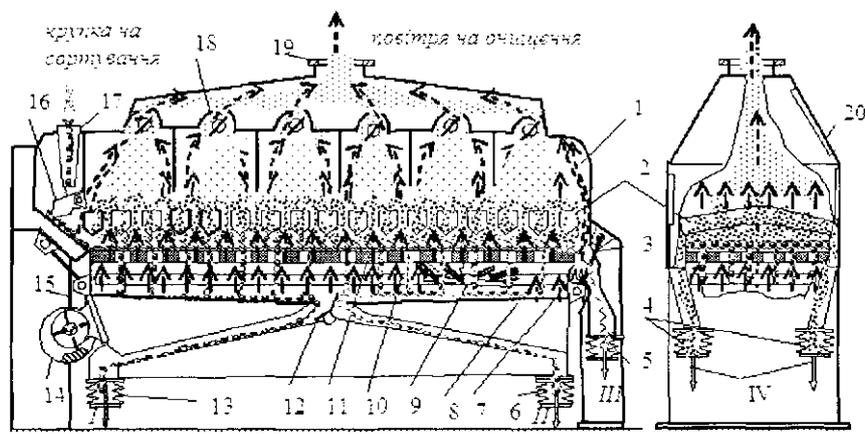


Рис. 4.87. Функціональна схема ситовійної машини:

- 1 – аспіраційна камера; 2 – жолобок; 3 – підвіска; 4 – 6, 13 – вивантажувальні патрубки; 7 – пружина; 8 – ситовий корпус; 9 – інерційна щітка;
- 10 – напрямна; 11 – ситові рами; 12 – розподільна коробка; 14 – інерційний вібратор; 15 – ситовий корпус; 16 – поплавковий живильник;
- 17 – приймальна коробка; 18 – дросельні клапани; 19 – аспіраційний патрубок; 20 – дверці з прозорого оргскла

Сита очищають інерційними щітками 9. Кожна щітка має направлені в протилежні сторони два ряди пучків волос і повзуни, розміщені в напрямних 10 ситового корпусу. У робочому положенні щітка одним нахиленим рядом пучків упирається в сито і під час коливання ситового корпусу під дією сил інерції переміщається тільки у бік пучків, що не торкаються сита. При зіткненні ситового корпусу з пружиною 5 від пружного удару щітка повертається (перекидається), пучки волос, які до цього не торкались сита, притискаються до нього і починається рух щітки в зворотному напрямі.

Аспіраційна камера 1 поділена на окремі відсіки, в яких розміщені дросельні клапани 18 для регулювання швидкості висхідного повітряного потоку для кожної рами.

Внизу під ситовою рамою корпусу закріплена розподільна коробка, оснащена клапаном 12. Вона служить для роздільного випуску в два лотки або випуску в один із лотків прохідних фракцій із сит передніх і задніх рам.

Робочий процес в машині відбувається шляхом просівання продукту на плоских коливних ситах з одночасною дією на рухливий шар продукту висхідного повітряного потоку. Сумісна дія потоку повітря і коливань сит супроводить до розшарування (самосортування) різно-рідних за густиною і приблизно однакових за розмірами компонентів суміші. Важкі частинки, що містять в собі більше ендосперму, опускаються вниз до поверхні сита і просіваються. Чим більший вміст ендосперму в продуктах помелу більша їх густина, тим швидше вони просіюються і нижча їх зольність проходових продуктів. Трохи легші частинки (зростки ендосперму з оболонками) концентруються у верхніх шарах і сходять з сита в прийомний лоток, яким транспортуються у вихідний патрубок 5 машини, легкі частинки (шматочки зародків або оболонки) підхоплюються потоком повітря і через щілини між жолобками 2 виносяться в аспіраційну камеру. Тут вони попадають в зони "застою" повітря над лотками, швидкість повітря в яких менша від швидкості витання частинок, тому частинки осідають на дно жолобків і самопливом виводяться у випускні патрубки 4 машини. Борошняний пил разом з повітрям відсмоктується через дросельні клапани 18 у патрубок 19 далі в аспіраційну мережу млина.

Робота ситовійних машин вважається ефективною, якщо зольність сходу в 2...2,5 рази вища зольності проходових фракцій. В результаті збагачення ступінь зниження зольності проходової фракції для крупної крупки (перший прохід) складає 40...50, середньої і дрібної (другий прохід) – 25...30 %.

Двоступінчасті ситовійні машини ЗМС-2-2, А1-БСО, СВМ-1 та інші мають два яруси ситових рам. Верхній ярус має шість ситових рам з ситами різних номерів, а нижній – п'ять ситових рам, які працюють послідовно. Ситовий корпус, підвішений до станини на шарнірних підвісках, здійснює коливний рух, який збудується ексцентриковим механізмом.

Кожна секція має в передній частині вмонтовані скатні дошки з поплавковими живильниками для рівномірного розподілу продукту по сити.

Під ситами в напрямних розміщені інерційні щітки, які рухаються зворотно-поступально і очищають сита.

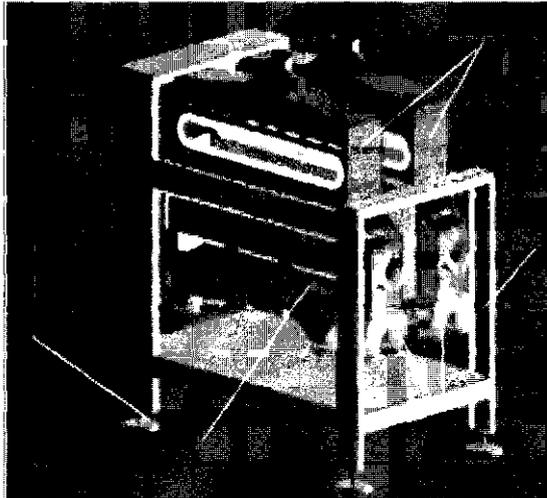
Над ситовим корпусом міститься аспіраційна камера, яка поділяється пергородками на відсіки (по довжині ситових рам), які дозволяють встановлювати аспіраційний режим для кожного сита.

Збагачення у машинах відбувається у два етапи. Перший етап – на перших двох ситах верхнього ярусу. Тут від всього продукту проходом через два сита в кожній половині корпусу виділяється 45–60 % попередньо збагаченої суміші.

Збагачення на другому етапі відбувається паралельно на двох ярусах сит: на ситах всіх п'яти рам нижнього ярусу збагачується продукт, який отриманий проходом з перших двох сит верхнього ярусу; на ситах решти чотирьох рам (з шести) верхнього ярусу збагачується продукт, який отриманий сходом з сит перших двох рам цього ж ярусу.

Загальний вигляд двоярусної машини з двома прийомними коробками показана на рис. 4.88. Ситовійні машини з чотирма прийомними коробками мають аналогічну будову і принцип роботи. Технічні характеристики найбільш поширених ситовійних машин наведені в таблиці 4.23.

На результати роботи ситовійних машин впливають фізичні властивості продукту, амплітуда і частота коливань ситового корпусу, кут



**Рис. 4.88. Загальний вигляд ситовійної машини СВМ-1:**  
 1 – аспіраційні камери;  
 2 – рама; 3 – випускні патрубки; 4 – ситовий корпус; 5 – амортизатори

Таблиця 4.28

**Технічна характеристика ситовійних машин**

Продуктивність однієї секції, кг/год. при обробці:	СВМ-1	Р1-БСН	А1-БСО	ЗМС-2
– крупної крупи	500	600	1000	2000
– середньої крупи	420			1800
– дрібної крупи	250			1500
– дунстів	170			1100
Ширина приймальних сит, мм	2 x 200	–	–	2x400
Витрата повітря на аспірацію, м <sup>3</sup> /год.	2 x 430	1200	4200	3600
Амплітуда коливань, мм	5	4,5...6,5	4,5...6,5	5
Частота коливань, об/хв.	500	480...525	480...525	500...550
Встановлена потужність, кВт	1,12	0,59	1,18	1,1
Габаритні розміри, мм				
– довжина	1420	2640	2700	2855
– ширина	970	665	1270	1230
– висота	1600	1390	1400	1550
Маса, кг	400	590	1020	900

нахилу сит до горизонту, розміри отворів сит, питоме навантаження тощо. Із зменшенням кута нахилу сита до горизонту (як правило, його беруть в межах  $1 \dots 1,5^\circ$ ) сповільнюється переміщення частинок вздовж сита, але зростає кількість частинок, які просіюються. Ефективність збагачення у значній мірі залежить від швидкості висхідного потоку повітря і параметрів коливань ситового корпусу, тому тільки за умов суворого дотримання кінематичного і аеродинамічного режимів роботи ситовійної машини досягають високої ефективності процесу сортування продуктів подрібнення за якістю.

**Аспіраційна насінневійка М2С-50** модульного типу (рис. 4.89, табл. 4.29) призначена для сортування обрушеного насіння соняшника (рушанки) в лінії підготовки насіння до пресування. Вона складається з двох машин: розсіювача 7 і повітряного сепаратора (війки) 25, з'єднаних між собою еластичними рукавами 11. Розсіювач насінневійки призначений для поділу рушанки на декілька фракцій за розмірами. Вирівняні за розмірами різні компоненти рушанки, насамперед ядро і лузга, мають значне розходження за густиною і швидкістю витання. Тому їх розділяють провіюванням в аспіраційних каналах війки 25.

Розсіювач шафового типу з дерев'яним коробом 5, в якому похило під кутом  $3 \dots 5^\circ$  до горизонту встановлені три яруси висувних сит 10. Короб розділений на дві рівні половини поздовжньою вертикальною перегородкою, тому на кожному ярусі є два однакових висувних сита. Під кожним ситом розташовані з різними нахилами до горизонту скатні дошки 4 для збору і транспортування проходових продуктів, що пройшли через сита. У розсіювачу застосовують штаповані сита з круглими отворами з розмірами, які змінюються не тільки від ярусу до ярусу, але й вздовж сит одного ярусу. Від початку до кінця сито розріджується (рис. 4.90). Для поліпшення просіювання на ситах установлені активатори. Розсіювач підвішують на чотирьох тросах 8 до стельової рами над війкою. Зверху розсіювача встановлена прийомна коробка 6 із еластичним рукавом для подачі рушанки, а знизу з протилежної сторони кріпляться шість еластичних рукавів 11 для транспортування отриманих у розсіювачу фракцій у канали аспіраційної війки.

У центрі розсіювача на його верхній кришці встановлено самозбалансований вібропривод 9. Аспіраційна війка являє собою прямокутний

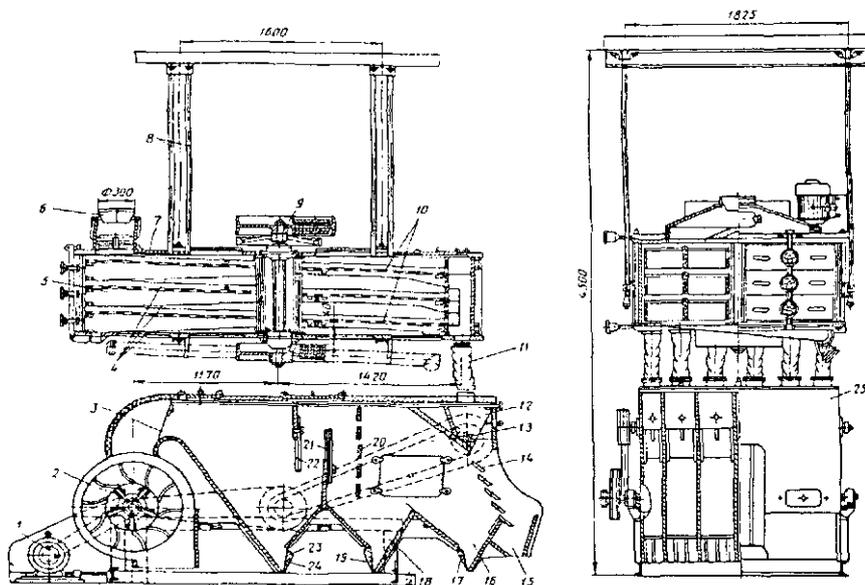


Рис. 4.89. Схема насіннєвійки М2С-50:

- 1 – електродвигун; 2 – вентилятор; 3 – шибєрні заслінки; 4 – скатні дошки; 5 – короб; 6 – приймальна коробка; 7 – розсійник; 8 – троси; 9 – самобалансований вібропривод; 10 – комбіновані сита; 11 – еластичний рукав; 12 – живильний пристрій; 13 – заслінка; 14 – жалюзі; 15 – патрубок для не обрушеного насіння; 16, 18, 24 – конуси для провіяних фракцій продукту; 17, 19, 23 – гравітаційні клапани; 20 – решітка; 21, 22 – перегородки; 25 – війка

дерев'яний корпус, розділений поздовжніми перегородками на шість каналів. У верхній частині корпусу під патрубками 11, розміщено живильний пристрій 12, що складається із рифленого валика і шибєрних заслінок 13. заслінки змонтовані в кожному каналі, живильний валик обслуговує всі канали. Під живильним пристроєм розташовано жалюзі 14 для регулювання швидкості повітряного потоку в аспіраційній камері війки. Знизу корпусу війки є три конуси 16, 18, 24 з гравітаційними клапанами 17, 19, 23, які зроблені у вигляді поворотних заслінок. У неробочому стані війки клапани знаходяться у висячому положенні і щілини у вершинах конусів відкриті. При включеному

вентиляторі, в корпусі вийки створюється розрідження, внаслідок перепаду тиску клапани повертаються навколо шарнірів, притискаються до протилежних стінок конусів і тим самим перекривають щілини у вершинах конусів. В міру нагромадження в конусах розсортованих фракцій рушанки росте тиск на клапани-заслінки від ваги продукту. Коли цей тиск перевищить статичний тиск розрідження, створюваний вентилятором, клапан відкривається і накопичені в конусах частки рушанки висипаються в розташовані під ними транспортні шнеки. Як тільки конус спорожниться, під дією перепаду тисків зовні і всередині машини, клапани закриваються.

Кожний із шести каналів вийки оснащено шибєрним механізмом з регулювання швидкості повітряного потоку. Шибєри встановлені у хвостовій частині вийки безпосередньо перед вентилятором, а штурвали, що регулюють положення шибєрів, винесені на передню частину вийки, що дозволяє вести регулювання, спостерігаючи процес сепарування через жалюзі вийки. Усередині корпусу вийки розташовані решітка 20 і дві перегородки 21, 22 для зміни величини і напрямку швидкості повітряного потоку з метою інтенсифікації виділення з потоку повітря сепаруємої рушанки.

Усі шість каналів вийки підключені до одного вентилятора 2, що приводиться в рух електродвигуном 1 за допомогою клинопасової передачі. Привід живильника також здійснений від цього ж електродвигуна клинопасовою передачею через контрпривід.

Насіннєвійка працює в такий спосіб. Під час роботи шафа розсіювача здійснює кругові коливання. Рушанка надходить через рукав у прийомну коробку розсіювача і далі на сита верхнього ярусу (рис. 4.90). Частинки рушанки, що мають ширину меншу 6 мм просіюються на ділянці сита з отворами  $\varnothing$  6 мм і по скатній дошці сходять на сито другого ярусу з отворами  $\varnothing$  4,5 м. Частинки, що не просіялись на першій ділянці комбінованого сита верхнього ярусу, надходять на ділянку з отворами  $\varnothing$  7 мм, де поділяються на схід з шириною частинок більшою за 7 мм (велика лузга і необрушене насіння, і прохід (частки шириною від 6 до 7 мм), що складаються з лузги і цілого ядра). Схід з першого ярусу надходить у перший канал вийки, а прохід у другий канал для провіювання.

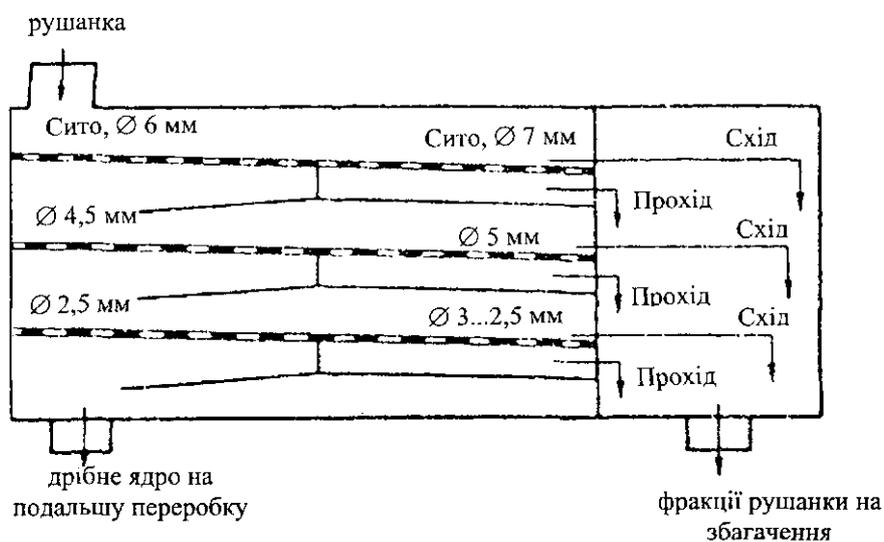


Рис. 4.90. Технологічна схема просіювання

Комбіноване сито середнього ярусу з отворами  $\varnothing 4,5$  і  $\varnothing 5$  мм розділяє прохідну фракцію з першої ділянки сита верхнього ярусу за аналогічною схемою. Схід з сита  $\varnothing 5$  мм (ціле дрібне ядро, великі частки лузги і дробленого ядра) надходить у третій канал вийки, а прохід з цього сита (частинки ядра і лузги середнього розміру) – в четвертий канал вийки. Прохід з сита  $\varnothing 4,5$  мм другого ярусу скачується на комбіноване сито нижнього ярусу з отворами  $\varnothing 2,5$  і  $\varnothing 3$  мм.

Сита нижнього ярусу на початковій ділянці мають отвори  $\varnothing 2,5$  мм, а на кінцевій ділянці –  $\varnothing 3$  мм. Схід з цих сит (дрібні частинки ядра і лузги) надходить в п'ятий канал вийки, а прохід через отвори  $\varnothing 3$  мм (мілкі частки ядра і лузги), направляється в шостий канал вийки. Прохід через отвори  $\varnothing 2,5$  мм (сьома фракція), минаючи вийку, транспортується безпосередньо в потік збагаченого ядра.

Усі шість фракцій самопливом транспортуються в живильний пристрій вийки, який рівномірно подає кожну фракцію у відповідний пневматичний канал. Пересипаючись з полицки на полицку каналу, продукт продувається потоком повітрям, створюваним вентилятором. Легкі

Таблиця 4.29

## Технічна характеристика насіннєвої машини М2С-50

Показники	Величина
Продуктивність, т/доб.	50
Частота обертання вала розсіювача, об/хв.	200
Винос ядра в лузгу, %, не більш	0,5
Вміст лузги в збагаченому ядрі, %	7–8
Ексцентриситет самобалансованого приводу, мм	45
Ширина сит, мм	700
Площа ситової поверхні, м <sup>2</sup>	11,5
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год.	9000
Установлена потужність, кВт	6
Габаритні розміри, мм:	
– довжина	4225
– ширина	2235
– висота	4770
Маса, кг	3177

компоненти продукту (шматочки лузги), які мають швидкість витання меншу від швидкості повітряного, захоплюються потоком повітря і виносяться в осадову камеру вийки перед решіткою 20, а важкі компоненти (ціле і здрібнене ядро), швидкість витання яких більша ніж швидкість повітряного потоку, пересипаються з полицки на полицку і виводяться в конус 16 вийки. Осілу в першому конусі суміш називають перебієм, вона містить ціле ядро і недообрушене насіння, тому підлягає повторній переробці.

Основна маса лузги зсідає в конусі 18 як унаслідок втрати швидкості потоку в розширеному перетині осадової камери, так і в результаті втрати швидкості частками рушанки при зіткненні з решіткою. Потік повітря після цього ще кілька разів змінює свій напрямок, огинаючи дві перегородки, і це сприяє осадженню часток лузги, що залишилися, у третьому конусі. Цілком виділити мідкі частинки лузги і пилеподібні частинки ядра з повітряного потоку не вдається, вони вентилятором викидаються у нагрубок аспіраційної системи цеху.

На практиці повністю відділити лузгу від ядра насіннєвою війкою не вдається, однак при належному регулюванні аспіраційних каналів війки отримують ядро з допустимим вмістом лузги в межах 7...8 % від її загальної кількості.

Таким чином, після аспіраційної війки одержують збагачене ядро, недоруп, перевій і лузгу. Ядро направляють на подальшу переробку. Недоруп після збагачення провіюванням направляють на повторне обрушування в лушильну машину.

Перевій направляють на контрольну війку, що відрізняється від робочої війки набором сит і повітряним режимом в аспіраційній камері. Лузга виводиться з цеху назовні для утилізації.

#### **4.3.5. Крупосортувальні машини**

Сортування лушеного зерна і контроль вихідних продуктів – заключний етап переробки зерна в крупи. Його мета полягає в тому, щоб покращити якість крупів відокремленням від доброякісного ядра нелушеного зерна, лузги, борошненця, феромагнітних домішок. При сортуванні продуктів лушення відокремлюють борошенце, відсівають лузгу, відокремлюють ядро від нелушених і недолушених зерен. Їх відділяють послідовним просіюванням на ситах і повітряними сепараторами, відокремлюють дроблене ядро, борошенце і лузгу. Найбільш складно розділити основні продукти лушення – лушені і недолушені зерна через незначну різницю їх фізичних ознак. Тому для цього застосовують методи відбору ядра (круповідокремлення) за сукупністю ознак – різниця розмірів, густини, стану поверхні у лушеного і недолушеного зерна. Ядро відбирають на ситових машинах (розсійники, крупосортувальні грохотні машини), трієрах, пневмовібростолах і падді-машинах.

Вміст в готовій крупі сторонніх частинок і погано оброблених зерен не повинен перевищувати припустимих норм, тому роблять сортування готових продуктів і контроль крупів за технологією, що включає операції:

- просіювання продуктів на крупосортувальних розсійниках для відокремлення недолушених і недоброякісних зерен;
- сортування в трієрах крупів (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 крупів простіший, ніж контроль цілих крупів. Подрібненні крупини, що одержані при переробці ячменю, пшениці, кукурудзи в процесі контролю розсортовують на ситах за розмірами (номерами). Номер крупів характеризує величину частин, які входять в окрему фракцію і визначається розміром отвору сита, через яке одержані крупини йдуть проходом.

Подрібненні крупини (ячмінну і кукурудзяну) сортують на три номери (1, 2, 3). Перлову, пшеничну і кукурудзяну номерну після шліфування і полірування сортують на п'ять номерів. Крупини кожного номера провіюють в аспіраціях і контролюють в магнітних уловлювачах.

Контроль відходів – борошенця і лузги виконують для вилучення із лузги доброякісного ядра або його частинок, які додають в готову крупини. Контроль борошенця і лузги роблять просіюванням для відокремлення частинок ядра і провіюванням в аспіраційних каналах (колонках) для відокремлення лушпиння.

В сільськогосподарських агрегатних крупорушках поширена крупосортувальна машина (рис. 4.91), що складається з коливного грохоту і аспіраційних колонок.

Верхнє сито 5 – змінне, штамповане (наприклад, для гречки роблять 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 віддільник (циклон) 9 пневмотранспортної системи. На першій секції А комбінованого сита відсіюється найдрібніша фракція І – борошенце з мілкими частинками оболонки (кормові відходи), на секціях Б і В – проділ, на секції Г – ціле ядро. Проділ і ціле ядро провіюються

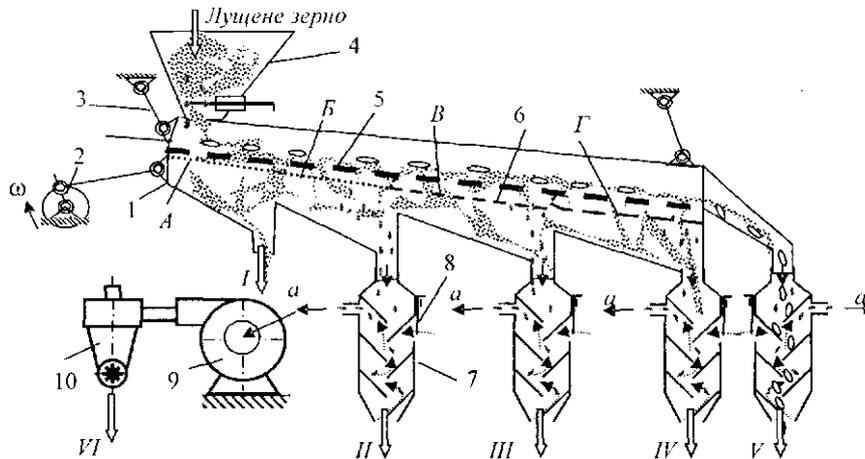


Рис. 4.91. Принципова схема крупосортувальної машини:

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 – лузга; І – кормові відходи; ІІ, ІІІ – проділ;  
 ІV – ціле ядро; V – нелущене зерно

в аспіраційних колонках. Швидкість повітряних потоків у колонках регулюють шиберними заслінками. Її встановлюють дещо більшою за швидкість витання частинок лузги.

**Падді-машини** застосовують для сортування продуктів лушення зерна круп'яних культур. Основним робочим органом машини є сортувальний стіл, який нахилений до горизонту на певний кут. На столі вздовж закріплені стінки зигзагоподібної форми, які утворюють канали для продукту. Стіл здійснює прямолінійний зворотно-поступальний рух у поперечному до каналів напрямі (рис. 4.92). На частинки продукту в каналах машини діють гравітаційні сили і змінні за величиною і напрямком інерційні сили, сили тертя та ударні імпульси. Менш пружні частинки більшої густини довше знаходяться в контактi з дном каналу, менше разів ударяються в бічні стінки каналу, тому за рахунок гравітаційної сили сповзають до низу в напрямку найбільшого скату каналу і виводяться з машини. Частинки меншої густини з меншим

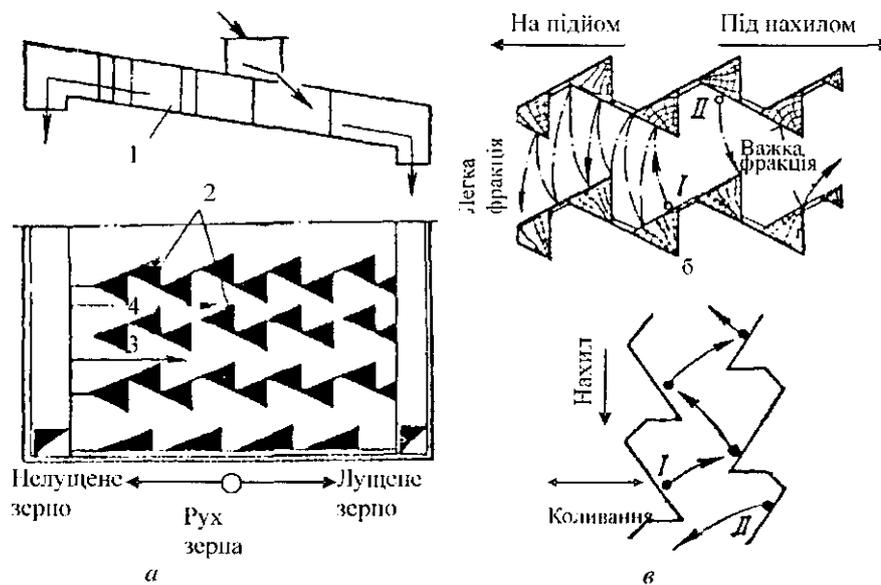


Рис. 4.92. Принципова схема падді-машини:

а – схема сортувального стола; б, в – траєкторії руху частинок у каналі;  
 1 – сортувальний стіт; 2 – стінки каналу; 3 – канали

коефіцієнтом тертя і більшою пружністю, інтенсивно переміщуються поперек каналу, часто вдаряються в стінки каналів. В результаті ударів їх швидкість направлена вздовж каналу вгору. Хоч сили тертя і протидіють їх переміщенню на підйом, але накопичена ними від ударів кінетична енергія достатня для подолання як опорів від сил тертя так і опору від гравітаційних сил, тому вони рухаються вгору і виводяться з машини. Зміною кута нахилу сортувального стола, досягають повного розділення вихідного продукту на дві фракції.

Основними ознаками, за якими крупа розділяється на дві фракції, є відмінність між густиною, пружністю і коефіцієнтами тертя частинок.

Для відділення лущених зерен рису, гречки і вівса також застосовують круповіддільну машину **БКО**.

До складу машини входять три сортувальні столи, які нахилені у поздовжньому і поперечному напрямі. Нахил у поперечному напрямі не регулюється і знаходиться в межах 3...4°. Нахил у поздовжньому

напрямі змінюють від 6 до 24°. Дно столу являє собою плоский сталевий лист, на поверхні якого зроблені заглиблення (чарунки), глибиною 1 мм і поперечними розмірами 5×5 мм. Чарунки обернені випуклою стороною назовні. У круповідокремлюючих машинах суміш лушеного і нелушеного зерна розділяють на сортувальних столах. Принцип розділення як у падді-машинах. Внаслідок різниці коефіцієнтів тертя і густини лушеного і нелушеного зерна, завдяки коливанням столу, а також відповідному куту його нахилу і профілю чарунків, відбувається сортування.

#### **4.4. Обладнання для віджимання та очищення олії**

##### **4.4.1. Преси для віджимання олії**

*Основи теорії робочого процесу пресування і класифікація пресів.* Пресування – основна технологічна операція добування олії механічним способом. Насіння олійних культур має складну структуру клітин, рослинний жир міцно зв'язаний з білковою частиною насіння. Щоб зменшити цей зв'язок і зменшити опір пресуванню, насіння, як правило, піддають механічному і гідротермічному обробленню, яке включає лушення насіння, подрібнення, пропарювання та сушіння подрібненого ядра (м'ятки). При такому обробленні насіння, руйнуються клітини олійновміщуючих частинок і збільшується вихід олії. Технологічну ефективність процесу і, відповідно технічний рівень пресів, визначають залишком олії в макусі, продуктивністю та надійністю роботи.

Теоретичний опис процесу віджимання олії пресуванням дуже складний. Процес вивчали здебільшого на прикладі окремих олійних культур. Встановлено такі фактори, що визначають глибину і продуктивність процесу віджимання: тиск пресування; вид олійної культури; ступінь подрібнення і вологість; об'єм навантаженої в прес маси (м'язги) і тривалість пресування. Олія під час пресування рухається між частками шару подрібненого ядра (м'язги) ніби по капілярах змінного перерізу і різної кривизни аналогічно переміщенню рідини в шарі стиснутого пористого матеріалу (піску) при фільтруванні. Тобто процес можна описати за допомогою закону Пуазейля, який дає змогу визначити масу олії, яка проходить крізь капіляри за одиницю часу, кг/с:

$$Q = \frac{\Delta p \alpha d_k^4}{32 \nu l_k}, \quad (4.51)$$

де:  $\Delta p$  – перепад тиску в капілярі, Па;  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує форму перерізу капіляра (для круглого перерізу  $\alpha = \pi / 4$ ;  $d_k$  – діаметр капіляра, м;  $\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості рідини, м<sup>2</sup>/с;  $l_k$  – довжина капіляра, м.

Аналіз цього виразу дає можливість зробити висновок, що зі зменшенням в'язкості та підвищенням тиску збільшується кількість віджатої олії. Разом з цим підвищення тиску зменшує переріз капілярів. Отже, доцільно віджимання олії проводити при підвищеній температурі (зменшується в'язкість), а тиск пресування збільшувати поступово з урахуванням структурно-механічних властивостей м'язги. Чим більший об'єм і товщина м'язги в пресі тим довший шлях витікання (довші капіляри), тому при всіх рівних інших умовах менша буде продуктивність преса і більший залишок олії в макусі. При віджиманні підведена зовні енергія витрачається на подолання сил зчеплення частинок м'язги, деформацію клітинної структури матеріалу, подолання опору під час руху олії по капілярах. Причому опір зростає внаслідок ущільнення м'язги та збільшені її об'єму. Ці особливості робочого процесу необхідно враховувати при виборі типу, параметрів і режимів роботи преса.

Для віджимання олії застосовують переважно гідравлічні і шнекові преси різноманітних конструкцій. Класифікацію основних типів їх за призначенням, періодичністю процесу і конструктивними ознаками наведено на рисунку 4.93.

Універсальні преси призначені для отримання рослинної олії із всіх відомих олійних культур із вмістом олії не нижче 15 % (насіння соняшника, сої, ріпаку, льону, рицини тощо). Перед пресуванням олії з тієї чи іншої культури прес переобладнують шляхом нескладної заміни окремих деталей, підбирають відповідні даній культурі параметри робочого процесу.

Спеціальними пресами віджимають олію лише з однієї або декількох культур, насіння яких мало відрізняється за фізико-механічними і хімічними властивостями, а також з видів сировини з малим вмістом олії.

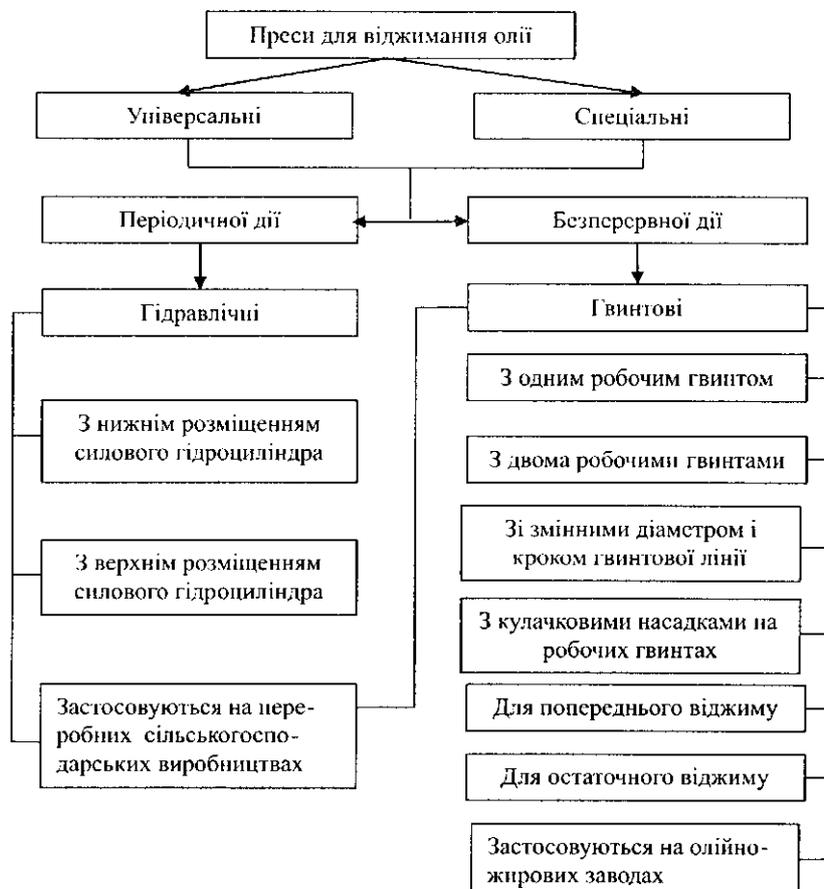


Рис. 4.93. Класифікація пресів для віджимання олії

Крім зазначених в класифікації ознак преси умовно поділяють за продуктивністю на преси великої (10000 кг/год. і більше), середньої (50–250 кг/год.) і малої (5–50 кг/год.) продуктивності. Преси малої та середньої продуктивності найбільш поширені серед сільгоспвиробників різних форм власності – від індивідуальних селянських господарств до крупних агрофірм, які виробляють олію як для власних потреб, так і для ринку. Крім того застосовуються вони в фармацевтичній

промисловості і в окремих пресових дільницях олійножирових заводів з паралельним потоком продукту для попереднього віджимання олії.

В сільському господарстві поширені преси **КН-61**, **ХЦ-25**, прес-екструдери **ЕК-75/1200**, **ЕК-105/1200**, **УЕП**, **МП-450**, **ППРМ-210**, **ПМ-100** та ін. Нижче описані преси кожної групи за класифікацією на рисунку 4.93.

**Гідравлічний прес КН-61** (рис 4.94, 4.95, табл. 4.30) входить в комплект обладнання механізованої лінії добування олії з попередньою підготовкою насіння до пресування. Прес (рис. 4.94) складається з нижньої 1 і верхньої 6 плит, які з'єднані жорстко між собою колонами 5. Нижня плита служить опорою для робочого гідроциліндра 2. На верхній кришці гідроциліндра на шпильках змонтований зерний циліндр (ступа) 3 з можливістю переміщатись вгору по шпильках. Зерний циліндр закритий кожухом 8. Віп складається з верхньої і нижньої

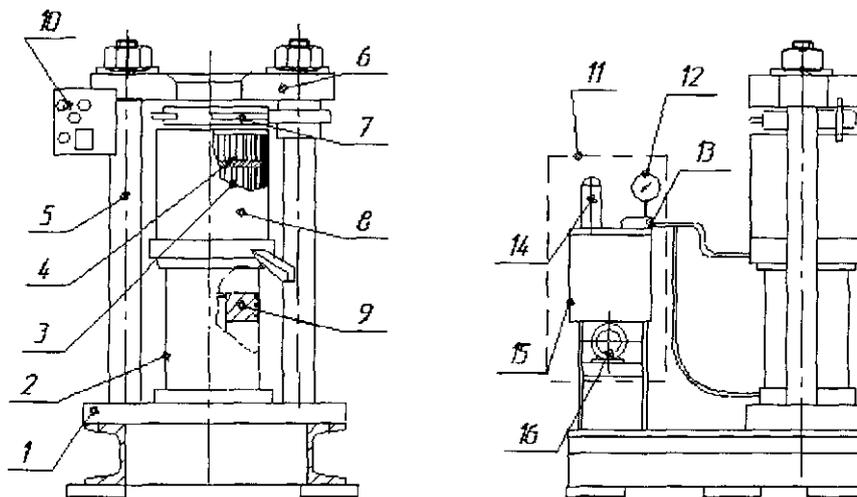


Рис. 4.94. Загальний вигляд гідравлічного преса КН-61:

- 1 – плита нижня; 2 – гідроциліндр; 3 – зерний циліндр; 4 – диск; 5 – колона;  
 6 – плита верхня; 7 – плита поворотна; 8 – кожух; 9 – поршень; 10 – щиток  
 управління; 11 – насосна станція; 12 – манометр; 13 – гідророзподільник;  
 14 – фільтр; 15 – бак гідросистеми; 16 – гідронасос

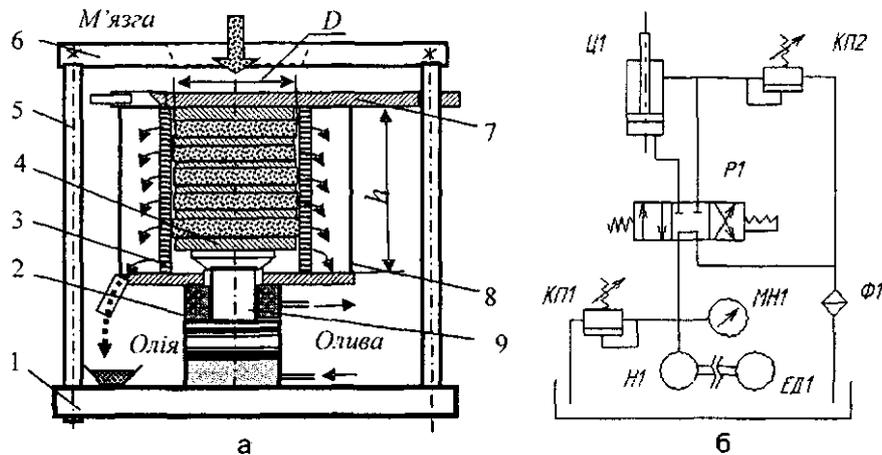


Рис. 4.95. Функціональна (а) і гідравлічна (б) схеми преса КН-610:  
 1 – нижня плита; 2 – гідроциліндр; 3 – зерний циліндр; 4 – диск; 5 – колона;  
 6 – верхня плита; 7 – поворотна плита; 8 – кожух; 9 – шток;  
 ЕД1 – електродвигун; Н1 – гідронасос; КП1 – запобіжний клапан;  
 МН1 – манометр; Ф1 – фільтр; Р1 – гідророзподільник; Ц1 – силовий  
 гідроциліндр; КП2 – запобіжний клапан

співвісних втулок, які служать опорами зерних планок прикріплених з внутрішньої сторони до втулок гвинтами. Зерні планки разом з втулками утворюють робочий об'єм зерного циліндра. Між планками по всій висоті передбачені зазори 0,7...0,75 мм для витікання олії під час пресування. У верхній плиті над зерним циліндром є отвір діаметром 160 мм для завантаження циліндра м'язгою.

Процес пресування відбувається так. Включають в роботу гідронасос 16 преса. Вручну, відводять в сторону поворотну плиту 7. Поршень гідроциліндра переміщують вниз до упору подачею оливи від розподільника у порожнину гідроциліндра над поршнем.

При цьому тиск в гідросистемі збільшується до 1,96 МПа, його контролюють манометром 12. У нижньому положенні поршня рукоятку гідророзподільника переводять в нейтральне положення. Через отвір у верхній плиті в зерний циліндр спеціальним черпаком засипають порцію м'язги об'ємом 0,005 м<sup>3</sup>. Дерев'яною лопаткою вирівнюють її і накривають сталевим диском. Трамбовкою ущільнюють завантажену

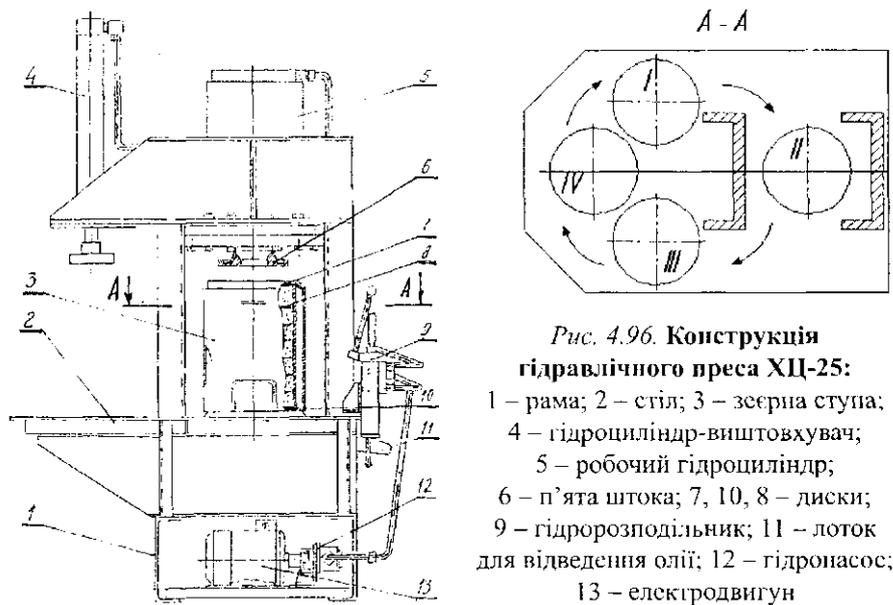
м'язгу частими ударами по диску. В такий спосіб, послідовно, однаковими порціями завантажують ступу преса. Останню п'яту порцію м'язги накривають товстим сталевим диском.

Повертають плиту 7 на місце. Вона закриває завантажувальний отвір верхньої плити і зерний циліндр. Переводять рукоятку гідророзподільника на піднімання поршня.

Шток гідроциліндра діє на нижній товстий диск зерного циліндра, піднімає зерний циліндр до упору у поворотну плиту 7 і разом з поворотною плитою до упору у нерухому верхню плиту 6. З цього моменту часу починає зростати тиск пресування. З м'язги віджимається олія, витікає із зерного циліндра через щілини між зерними планками і стікає вниз на верхню кришку гідроциліндра, звідки лотком виводиться із пресу у збірник олії.

Найбільш інтенсивно олія віджимається при величині тиску в гідросистемі 7,8...9,8 МПа. Підтримується такий тиск гідророзподільником в імпульсному режимі ручного управління упродовж 3...6 хв. (переміщують періодично рукоятку гідророзподільника в нейтральне положення і із нейтрального в позицію пресування). Коли інтенсивність витікання олії суттєво зменшиться, піднімають тиск в гідросистемі до максимального 23,5 МПа і віджимають олію при максимальному тиску упродовж 30...40 с. Після завершення процесу пресування, рукоятку гідророзподільника переводять на переміщення штока гідроциліндра вниз. Опускають зерний циліндр до тих пір поки не звільниться від тиску поворотна плита 7. Тоді переводять рукоятку гідророзподільника в нейтральне положення, відводять поворотну плиту в сторону і включають гідророзподільник на підйом поршня, виштовхують із зерного гідроциліндра металевий диск з кружком макухи. Переключають розподільник в нейтральне положення і знімають зі ступи металевий диск і макуху. Знову включають в роботу гідроциліндр на підйом поршня і операцію розвантаження періодично повторюють до повного звільнення зерного циліндра від макухи. Після розвантаження поршень опускають вниз до упору і цикл роботи преса повторюють.

**Гідравлічний прес ХЦ-25** (рис. 4.96) відрізняється від преса КН-61 верхнім розміщенням робочого циліндра 5 та наявністю допоміжного гідроциліндра 4 для вивантаження зерної ступи 3 на столі



**Рис. 4.96. Конструкція гідралічного преса ХЦ-25:**  
 1 – рама; 2 – стіл; 3 – зерниа ступа;  
 4 – гідроліандр-вштовхувач;  
 5 – робочий гідроліандр;  
 6 – п’ята штока; 7, 10, 8 – діскл;  
 9 – гідророзподільник; 11 – лоток для відведення олії; 12 – гідронасос; 13 – електродвигун

преса. Операції віджимання олії, розвантаження ступи від макухи та завантаження її м’язгою суміщені в часі і виконуються на спеціальній поворотній площадці стола 2. Управляють роботою гідроліандрів двосекційним гідророзподільником.

Завантажену ступу преса переміщують по столу з позиції “I” на позицію “II”, де здійснюється двоетапний віджим олії (перший етап пресування – при номінальному тиску в гідросистемі 16 МПа, другий етап – максимальному тиску пресування – 21 МПа. Ступу з віджатою м’язгою оператор переміщає на проміжну позицію “III”, звідтіля на позицію розвантаження “IV”, де штоком гідроліандра 4 з касети вштовхують під стіл макуху разом з металевими дісклами. Одночасно на позиції “I” завантажується м’язгою чергова ступа преса.

**Технологічний розрахунок гідралічного преса.** Продуктивність преса, кг/год.,

$$Q = 60 \frac{G}{\tau_{\text{н}}} \frac{100 - L_2}{100 - L_1}, \quad (4.52)$$

Таблиця. 4.30

## Технічна характеристика гідравлічних пресів

Показники	Марка преса, величина показника	
	КН-61	ХЦ-25
Продуктивність, кг/год.	500	500
Число зєрних циліндрів (ступ)	1	2...3
Робочий об'єм зєрного циліндра, м <sup>3</sup>	0,025	0,025
Робочий тиск в гідросистемі, МПа:		
– максимальний	23,5	21,0
– номінальний	9,8	16,0
Хід поршня, мм:		
– робочого гідроциліндра –	415	410
– гідроциліндра виштовхувача	–	5600
Потужність електродвигуна, кВт	5,5	3,0
Число обертів електродвигуна, об/хв.	1500	3000
Гідронасос:		
– тип	50НР 6,3	НШ 6,3
– продуктивність, л/хв.	16,2	16,2
Залишок олії в макусі, %	11...12	11. ..12
Габаритні розміри, мм:		
– довжина	1400	1500
– ширина	1000	1440
– висота	1650	2080
Маса, кг		1240

де:  $G$  – маса м'язги, яка поміщається в корзині (ступі) преса, кг (при ручному завантаженні  $G = 22...30$ );  $\tau_y$  – тривалість повного циклу роботи преса,

$$\tau_y = \tau_z + \tau_n + \tau_a, \quad (4.53)$$

$\tau_z, \tau_n, \tau_a$  – тривалість відповідно завантаження, пресування і вивантаження ступи преса, хв. ( $\tau_z = 7...10, \tau_n = 2, \tau_a = 1...4$ ).

$L_1 = 28...32, L_2 = 3...13$  – вміст лушпиння відповідно в насінні і м'яззі, %.

Робочий діаметр ступи  $D_c$  (рис. 4.53) беруть таким, що дорівнює діаметру круга макухи:  $D_c = 0,45$  м.

Робочу  $h_p$ , м, і загальну  $h$ , м, висоту ступи визначають за формулами:

$$h_p = \frac{4G}{\rho\pi D_c}, \quad (4.54)$$

$$h = h_p + z\delta + 0,01, \quad (4.55)$$

де  $\rho = 450$  – густина м'язги,  $\text{м}^3$ ;  $z, \delta$  – відповідно кількість і товщина розподільних дисків ступи ( $z = 4$  шт.,  $\delta = 0,006$  м).

Хід штока робочого циліндра, м,

$$\Delta h = h_p \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}, \quad (4.56)$$

де  $\varepsilon = 1,5$  – ступінь стиску м'язги.

Діаметр робочого гідроциліндра, м :

$$D_H = \sqrt{\frac{p}{p_H}}, \quad (4.57)$$

де  $p = 3,5 \dots 4,5$  і  $p_H = 20 \dots 30$  р,  $p_H$  – номінальний тиск пресування відповідно в ступі і гідросистемі преса, МПа.

Потрібна потужність гідронасоса преса, кВт,

$$N = \frac{1000\pi D_c^2 p \Delta h}{240\tau_n \eta}, \quad (4.58)$$

де  $\eta = 0,75$  – коефіцієнт корисної дії гідроприводу.

**Гвинтові преси.** Більш досконалими є гвинтові преси, в яких віджимання олії відбувається безперервно в тонкому шарі робочої маси (м'язги) по ходу її руху від завантажувального патрубку до вихідної щілини преса. Основними робочими органами преса є зерна камера (частіше циліндричної або більш складної форми) з вміщеним у ній одним гвинтом або кількома робочими гвинтами з кулачками спеціального профілю. Широка сфера застосування саме гвинтових пресів пояснюється стабільністю їх роботи і високим ступенем автоматизації.

Вони компактні за габаритами, мають порівняно з гідравлічними меншу енергомісткість робочого процесу, більш повно віджимають олію. При двоступеневому пресуванні деякими шнековими пресами досягають глибини віджимання олії із залишком її в макусі не більше 8 % проти 12 % гідравлічними пресами.

Найбільш поширеними в олійних виробництвах є двогвинтові з кулачковими насадками на гвинтах та одnogвинтові преси зі змінними параметрами зерного циліндра і гвинта. Сучасні двогвинтові преси з кулачковими насадками на гвинтах придатні для пресування олії безпосередньо з насіння олійних культур без будь-якої його попередньої обробки. В їх робочому процесі суміщені операція віджимання олії, подрібнення, теплова обробка і перемішуванням сировини та гранулюванням макухи. Такі преси отримали назву прес-екструдерів.

Одногвинтові преси зі змінними параметрами зерного циліндра і гвинта призначені для віджимання олії з попередньо підготовленої з насіння м'язги і малопродатні для віджимання олії з необробленого насіння.

**Прес-екструдер ЕК-75/1200** (рис. 4.97, 4.98) призначений для віджимання олії безпосередньо з насіння олійних культур (соняшника, льону, ріпаку) або зробленої з насіння за класичною технологією м'язги. Подрібнення насіння в прес-екструдері відбувається завдяки кулачковим насадкам 6 на робочих валах 7 машини. Профіль кулачків має вигляд рівностороннього трикутника з дугоподібними сторонами. Кожні дві кулачкові насадки, розміщені в одній площині на паралельних спряжених валах, встановлені з можливістю постійного контакту. При цьому постійний контакт випуклих граней і усічених вершин кулачкових насадок під час обертання сприяє безперервній очистці кулачків від налипаючої м'язги. Тому живий переріз каналів між ребрами насадок і внутрішньою поверхнею робочої камери завжди залишається достатньо великим.

Прес-екструдер працює так. З живильного бункера 7 (рис. 4.97) насіння самопливом поступає в міжвитковий простір двох робочих гвинтів 13, які мають змінний по довжині крок – більший на вході насіння та найменший на виході біля матриці 12. Гвинти преса обертаються в одну сторону. Їх витки захоплюють насіння, ущільнюють його

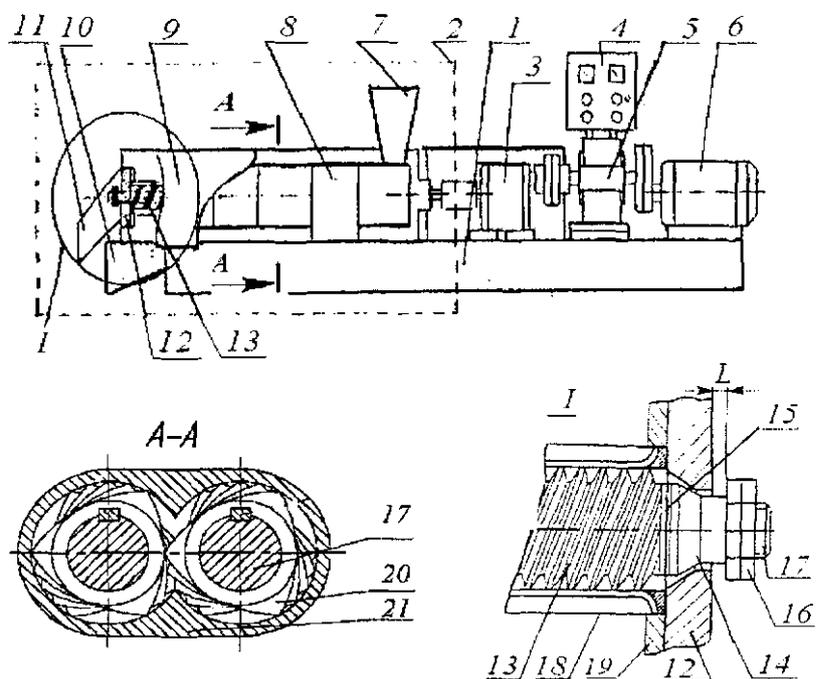
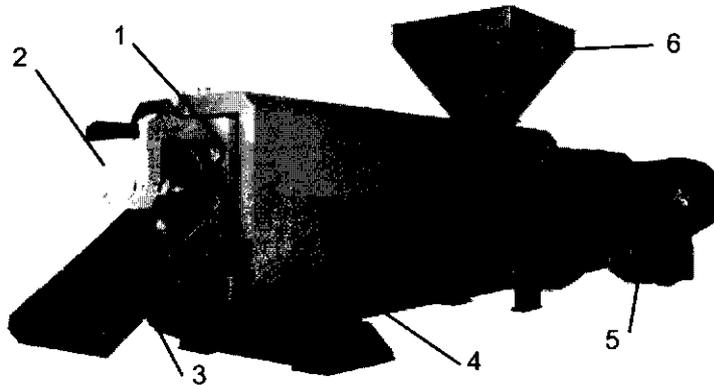


Рис. 4.97. Схема прес-екструдера ЕК-75/1200

- 1 – рама; 2 – екструдер; 3 – привод гвинтів; 4 – пульг; 5 – редуктор;  
 6 – електродвигун; 7 – завантажувальний бункер; 8 – електронагрівач;  
 9 – захисний кожух; 10 – піддон для відведення олії; 11 – лоток для відведення жмиху;  
 12 – матриця; 13 – гвинт; 14 – втулка конусна;  
 15 – шайба; 16 – гайка; 17 – вал; 18 – зерна секція; 19 – корпус екструдера;  
 20 – кулачкова секція; 21 – секція з непроникними стінками

і переміщують вздовж осі в проточну зону зерної камери 18 і в робочу зону між гвинтами, де розміщені кулачки, які перстирають насіння. Перетерта робоча маса нагрівається до температури 100...120 °С за рахунок тертя об робочі органи і між собою, а також електронагрівачами 8.



**Рис. 4.98. Загальний вигляд прес-екструдера ЕК - 105/1200:**  
 1 – корпус преса; 2 – опора валів; 3 – лоток для макухи; 4 – рама преса;  
 5 – привод; 6 – бункер

Ступінь стиску робочої маси збільшується зі зменшенням кроку витків шнеків. Із стиснутої нагрітої робочої маси віджимається олія, яка витікає через щілини проточної частини зєєрної камери 18 в піддон 10 преса, з якого відводиться в ємкість для олії. Відпресована макуха витискується з робочої зони шнека через зазор між матрицею 12 та конічною втулкою 14 і відводиться з преса лотком 11.

Система управління преса забезпечує ручне включення і виключення двигуна 6 та нагрівачів 8, а також візуальний контроль величини струму електродвигуна і температури нагрівання корпусу. Деякі модифікації пресів укомплектовані засобами автоматичного управління навантаження і температури нагрівання преса. Оптимальний режим роботи преса досягається при струмі електродвигуна 25 А і температурі корпусу екструдера 130 °С (при цьому температура олії на виході з преса знаходиться в межах 90...100 °С).

Основне технологічне регулювання преса – вибір зазору між конічними поверхнями матриць 12 і втулок 14 в залежності від виду насіння, яке переробляється і від його вологості.

При переробці насіння соняшника оптимальної вологості (7...9 %) встановлюють регулювальними шайбами 15 і гайкою 16 зазор 2,2 мм, якому відповідає монтажний розмір  $L = 7$  мм між зовнішньою поверхнею матриці 12 і гайки 16. При підвищеній вологості насіння і заниженому виході олії величину зазору між конічними поверхнями матриць і втулок зменшують установкою додаткових шайб до величини монтажного розміру  $L = 8,5$  мм. Насіння з вологістю меншою за 7 % необхідно зволожити до вологості 7...9 %.

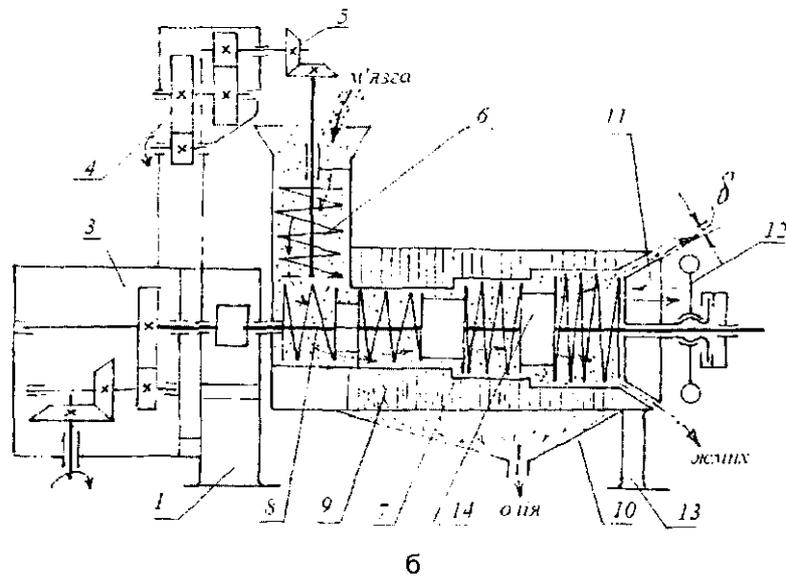
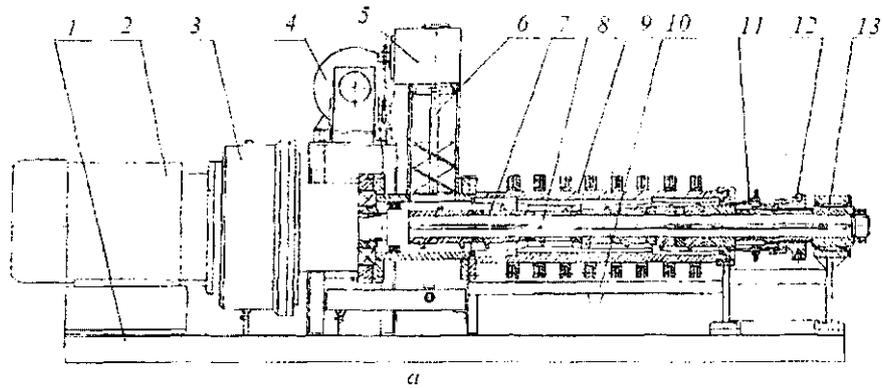
Технічна характеристика найпоширеніших прес-екструдерів наведена в таблиці 4.31, загальний вигляд преса-екструдера на рисунку 4.98.

**Гвинтовий прес МП-450** (рис. 4.99) призначений для вижимання олії в потокових лініях безперервної дії з попередньою підготовкою насіння до пресування. Основні вузли преса – рама, привод, збірний гвинт, зерна камера і механізм регулювання зазору.

Таблиця 4.31

**Технічна характеристика прес-екструдерів**

Показники	ЕК-75/1200	ЕК-105/1200	ППРМ-210
Продуктивність по насінню соняшника, кг/год.	175	350	210
Потужність електродвигуна, кВт	7,5	11	7,5
Потужність електронагрівачів, кВт	12	24	11
Частота обертання шнека, об/хв.	48...58	48...58	–
Число секцій, шт.	6	6	–
Температура нагрівання корпусу, °С	110...130	110...130	до 150
Ширина щілин зерних камер, мм	0,15...0,7	0,15...0,7	0,15...0,7
Залишок олії в макусі, %	12...16	12...16	12...16
Габаритні розміри:			
довжина	2620	3350	1770
ширина	945	1000	1010
висота	1050	1050	1500
Маса	700	1250	600



**Рис. 4.99. Гвинтовий прес:**

а – загальний вигляд; б – функціональна схема

- 1 – рама; 2 – електродвигун; 3, 4, 5 – редуктори; 6 – живильний гвинт;  
 7 – секція витків робочого гвинта; 8 – вал гвинта; 9 – зерсна камера;  
 10 – піддон; 11 – конус; 12 – механізм регулювання зазору; 13 – опора  
 пінеска; 14 – втулка гвинта

Збірний гвинт (рис. 4.100) складається із вала 8 і закріплених на ньому порожнистих секцій витків 7 розділених втулками 14. Діаметри і крок секцій витків і втулок змінні по довжині вала гвинта; діаметри збільшуються, а крок зменшується в сторону руху робочої маси при пересуванні. Зеерна камера (рис. 4.101) складається з двох з'єднаних шпильками 4 половинок і розділена на чотири секції, які зібрані в один вузол за допомогою хомутів 5 і шпалок 6. Секції зерної камери складені із зерних планок 1 і прокладок між ними по краях, якими забезпечуються зазори між планками для витікання олії.

Величина зазору різна для кожної секції. Найбільший зазор – 0,75...0,80 між планками першої секції біля живильного шнека, 0,60 – другої секції, 0,35 – третьої і 0,25 мм – четвертої секції.

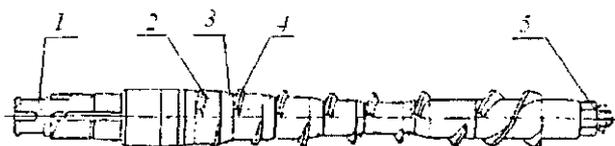


Рис. 4.100. Збірний гвинт преса:

1 – вал; 2, 4 – секції витків; 3 – втулка; 5 – гайка

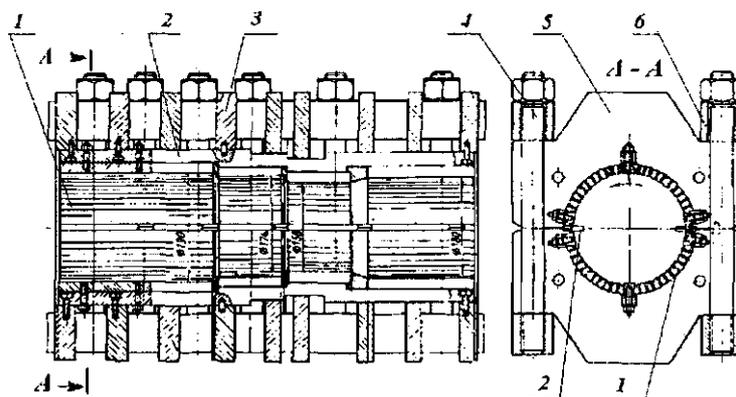


Рис. 4.101. Зеерна камера:

1 – зерні планки; 2 – ніж; 3 – штифт; 4 – шпилька; 5 – хомут; 6 – планки

Для перемішування і зчищення з витків та втулок м'язги в зоні спряження половинок зерної камери з двох сторін по всій довжині гвинта встановлені ножі 2 (рис. 4.101), профіль яких повторює профіль витків.

Під час пресування робочий тиск в зерній камері регулюється конусом 11 (рис. 4.99) за допомогою гвинтового механізму 12.

Віджимання олії відбувається так. Живильний шнек 6 (рис. 4.9, б) ущільнює м'язгу і подає її в першу секцію зерної камери преса. М'язга переміщується витками робочого гвинта вздовж осі і поступово стискується за рахунок зменшення об'єму міжвиткових просторів і протитиску, що створює регульовальний конус 12. Олія вижимается із м'язги, витікає через щілини між пластинами зерної камери в піддон преса, звідки самопливом поступає на вібросито або в бак-відстійник. Якщо залишок олії в макусі перевищує норму, то зменшують зазор  $\delta$  між вихідним отвором зерної камери і регульовальним конусом, при цьому контролюють навантаження електродвигуна преса за величиною струму на амперметрі щитка керування. При перевантаженні двигуна зазор між конусом і вихідним отвором зерної камери збільшують.

Технічна характеристика гвинтових пресів наведена в таблиці 4.32.

Таблиця 4.32

**Технічна характеристика гвинтових пресів**

Показники	МП-450	ПШ-150	ПД-1	М8-МШШ
Продуктивність, кг/год.	450	150	500	500
Потужність електродвигуна, кВт	7.5	15	11,7	11
Число обертів гвинта, об/хв.	9	515	–	–
Залишок олії в макусі, %	7...8	12	7	9
Габаритні розміри, мм:				
– довжина	2900	1600	2500	3380
– ширина	1400	620	1500	1150
– висота	1270	1300	750	1370
Маса, кг	2300	500	1500	2850

**Технологічний розрахунок гвинтового преса.** Продуктивність преса, кг/год.,

$$Q = 600 V_j \rho_j \omega K_s K_v (1 - K_b) K_y K_p, j = 1, 2, \dots, n, \quad (4.59)$$

де:  $V_j$  – теоретичний об'єм м'язги на довжині  $j$ -го витка гвинта, м<sup>3</sup>;  $\rho_j$  – густина м'язги в зоні  $j$ -го витка гвинта, кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho_j = \rho_n \varepsilon_j, \quad (4.60)$$

де:  $\rho_n = 450$  кг/м<sup>3</sup> – густина м'язги в зоні живлення;  $\varepsilon_j$  – ступінь стиску м'язги робочому об'ємі  $j$ -го витка гвинта:

$$\varepsilon_j = (1 + j)^{1,45}; \quad (4.61)$$

$\omega$  – кутова швидкість гвинтового вала, рад/с;  $K_s = 2$  – коефіцієнт ущільнення м'язги;  $K_v = 0,86$  – коефіцієнт використання міжвиткового об'єму живильного витка;  $K_b = 0,64$  – коефіцієнт, який ураховує зворотний рух м'язги вздовж осі гвинта;  $K_y$  – коефіцієнт, що враховує вид олійної культури (для насіння соняшника  $K_y = 1$ , льону –  $K_y = 0,5$ ;  $K_p$  – коефіцієнт, що враховує режим роботи преса (для одноступеневого пресування  $K_p = 1$ ).

Із формули (4.59) визначають теоретичний об'єм м'язги, м<sup>3</sup>

$$V_j = Q / (600 \rho_j \omega K_s K_v (1 - K_b) K_y K_p). \quad (4.62)$$

З іншого боку, об'єм  $V_j$  визначають за формулою:

$$V_j = (\pi/4) (D_j^2 - d_j^2) (L_j - (ib_1 + b_2)/2 \cos \alpha_j), \quad (4.63)$$

де:  $D_j$  – внутрішній діаметр зерного циліндра на ділянці  $j$  (рис. 4.102), м;  $d_j$  – діаметр маточини  $j$ -го витка гвинта, м;  $L_j$  – довжина  $j$ -го витка, м;  $b_1, b_2$  – товщина витка в нормальному перерізі відповідно по зовнішньому і внутрішньому діаметрах гвинта, м;  $i = 1, 2$  – число заходів гвинта;  $\alpha_j$  – кут гвинтової лінії по середньому діаметру, град,

$$\alpha_j = \arctg \frac{D_j - d_j}{t_j}, \quad (4.64)$$

$t_j$  – крок витка, м.

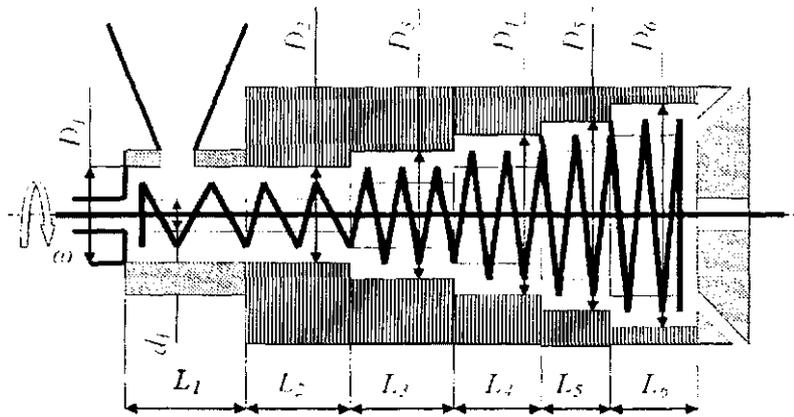


Рис. 4.102. Розрахункова схема преса

Конструктивно вибирають:  $b_1 = 0,0015$  м;  $b_2 = 0,0010$  м;  $L_j = 1,08D_j$ ;  $\alpha_j = 56 \dots 64^\circ$ ;  $i = 1$ ;  $d_j = D_j - 0,025$  м.

Кутова швидкість гвинта становить  $\omega = 0,90 \dots 1,9$  рад/с, причому мінімальне значення приймають для пресів з одноступеневим віджиманням, максимальне для форпресів.

Прирівнявши праві частини виразів (4.62, 4.63), з урахуванням наведених вище конструктивних співвідношень, одержуємо рівняння, з якого визначають діаметри  $D_j$  ділянок зерного циліндра:

$$\frac{Q}{600\rho_j\omega K_x K_y (1 - K_\mu) K_y K_p} = \frac{\pi}{4} [D_j^2 - (D_j - 0,025)^2] (1,08D_j - (ib_1 + b_2)) / 2 \cos \alpha_j. \quad (4.65)$$

Тиск м'язги в міжвитковому просторі  $j$ -го витка гвинта, Па,

$$p_j = 2,52a\varepsilon_j^{5,5} e^{0,022B}, \text{ Па}, \quad (4.66)$$

де:  $a = 0,006$  – емпіричний коефіцієнт;  $B = 4 \dots 5$  – вологість м'язги, %.

Потрібна потужність для приведення гвинтового вала в рух, кВт,

$$N = N_o Q, \quad (4.67)$$

де  $N_o = 0,045 \dots 0,055$  – питомі витрати енергії на пресування олії в одноступінчастих гвинтових пресах, кВт·год/кг.

#### 4.4.2. Обладнання для очищення олії

Олія, одержана з пресів, містить дисперсні домішки – тверді частинки м'язги (осипка), колоїдні речовини, що складаються, в основному, з фосфатидів та інші домішки (пігменти, важкі метали, радіонукліди, пестициди тощо). Ці домішки є небажаними в харчовій олії, вони посяють споживчу якість олії, скорочують термін її зберігання. Тому олію очищають *механічним, хімічними і теплофізичними (рафінація)* способами. Механічний спосіб часто називають первинним очищенням олії. Він включає вилучення з олії дисперсних частинок фільтруванням на ситах і фільтрпресах, осадження у відстійниках і центрифугах різної конструкції. В такий спосіб одержують харчову нерафіновану олію. Нерафіновану олію рафінують – це поглиблений технологічний процес, в якому поєднані операції механічного очищення з операціями *гідратації, нейтралізації, відбілювання та виморожування олії* (див. розділ 1.1).

**Вібросито** (рис. 4.103, табл. 4.33) призначене для видалення з олії, що поступає з преса, крупних частинок м'язги (осипки). Воно складається з металевого коробчатого грохота 1, який опирається на пружини 2 рами 7 і приводиться в коливний рух ексцентриковим механізмом. Одна опора рами 7 зв'язана з основою 9 шарнірно, а друга розміщена в пазу криволінійної напрямної 6 і кріпиться до неї гвинтами. Завдяки цьому рама 7 з корпусом 1 може бути встановлена під різним кутом до горизонту. Вал 4 ексцентрикового механізму приводиться в рух від індивідуального електроприводу 3 пасовою передачею. Грохот сита уздовж розділений перегородкою на дві камери. У кожній камері за допомогою гвинтів натягнуто плетене дротяне сито з розмірами отворів 0,25×0,25 мм.

Олія з преса поступає на сито, фільтрується і стікає у збірник, з якого перекачується на подальше очищення. Вібрації сита з амплітудою коливань 0,2...0,3 мм і частотою 8...12 Гц інтенсифікують процес фільтрування олії. У результаті коливного руху і ухилу сита, частинки м'язги більші за розміри отворів сита, склеюються в крупніші частинки і сходять з сита.

Головною перевагою вібросита є простота конструкції і компактність, а суттєвим недоліком – висока олійність фузу (до 60 %).

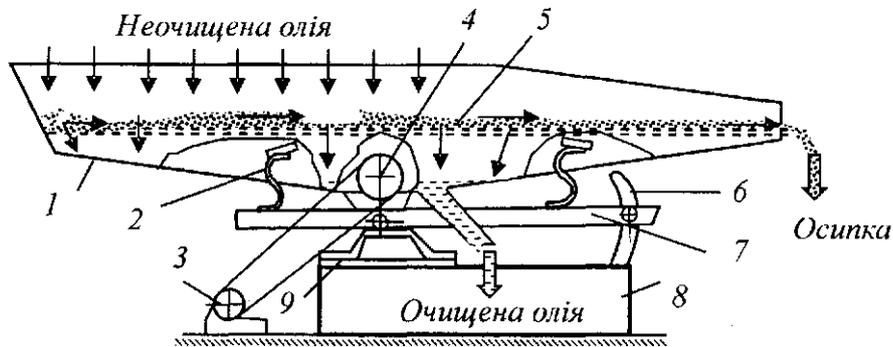


Рис. 4.103. Функціональна схема вібросита:

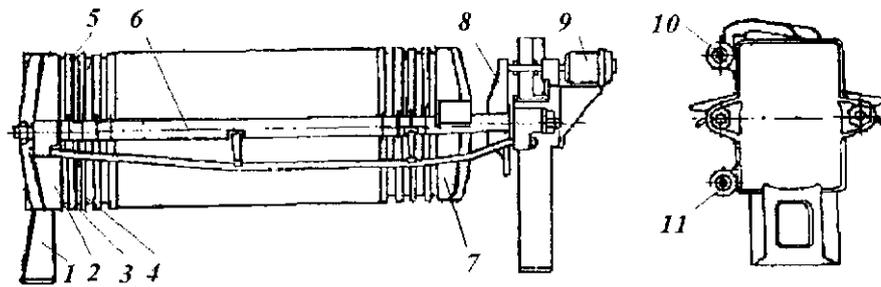
1 – грохот; 2 – плоскі пружини; 3 – електропривод; 4 – ексцентриковий вал;  
5 – сито; 6 – криволінійна напрямна; 7 – балка; 8 – збірник олії

Таблиця 4.33

**Технічна характеристика вібросита**

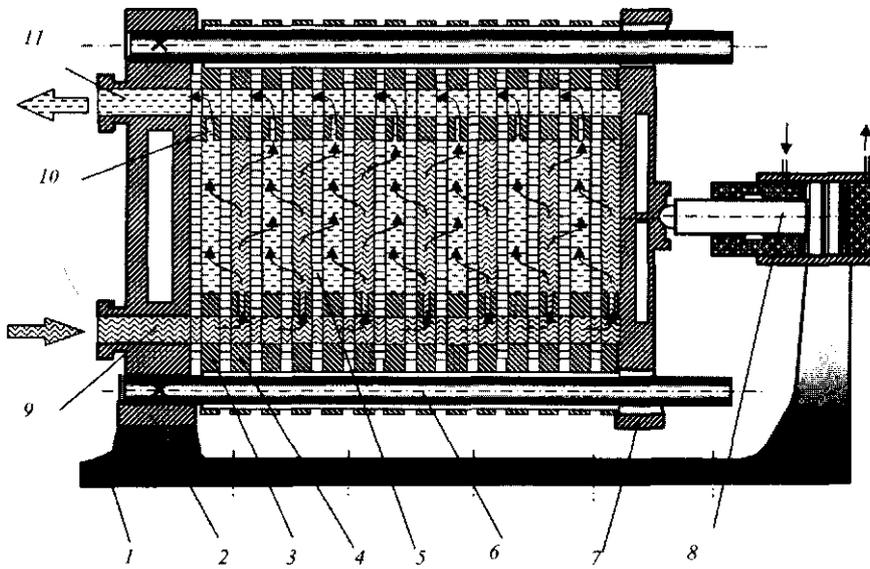
Показники	Величина
Питоме навантаження на сито, кг/м <sup>2</sup>	50...80
Площа сит, м <sup>2</sup>	2,4
Частота обертання вала, об/хв.	2700
Потужність електродвигуна, кВт	2,2
Габаритні розміри, мм:	
– довжина	3600
– ширина	1295
– висота:	960
Маса, кг	2000

**Рамний фільтрпрес** (рис. 4.104–105) належить до фільтрів, які працюють під тиском, створюваним насосом. На двох балках 6, закріплених в нерухомій плиті 2, по чергово розміщують рами 3 і плити 4. Між плитами і рамами вкладають фільтрувальні перегородки 5, після чого весь пакет стягують між кінцевою нерухомою плитою 2 і рухомою плитою 7 затискним механізмом 8. Поширені фільтрпреси з затискним,



**Рис. 4.104. Фільтрпрес з електромеханічним затискачем:**

1 – стояки; 2 – нерухома плита; 3 – рама; 4 – плита; 5 – фільтрувальна прокладка; 6 – горизонтальні балки; 7 – натискна плита; 8 – натискний механізм; 9 – електродвигун; 10 – випускний і впускний патрубкі олії; 11 –



**Рис. 4.105. Функціональна схема фільтрпреса з гідравлічним затискним механізмом:**

1 – основа; 2 – нерухома плита; 3 – рама; 4 – плита; 5 – фільтрувальна прокладка; 6 – горизонтальні балки; 7 – натискна плита; 8 – гідроциліндр; 9 – дренажний канал; 10 – збірний канал

електромеханічним, гвинтовим (рис. 4.104), (рис. 4.105) гідравлічним і гвинтовим механізмом з ручним приводом.

Плити і рами можуть бути прямокутної або круглої форми, виготовляють їх із сталі чи чавуну. Як фільтрувальні перегородки використовують фільтрувальні тканини. Кожна плита і рама (рис. 4.104) мають отвори для підведення і випуску олії. Такі самі отвори є також у фільтрувальних перегородках 5, краї яких при складанні фільтра відіграють роль ущільнювальних прокладок між гладкими краями плит і рам. У складеному фільтрі відповідні отвори суміщені і утворюють суцільні канали 9, 11 для олії. Завдяки рифленій поверхні плит обох її боків утворюються дренажні канали 10, що обмежені каналами 9 і 11.

Під час фільтрування, олія під тиском із суцільного каналу 9 (рис. 4.104) потрапляє всередину рам 3, фільтрується крізь перегородку 5, очищена олія (фільтрат) стікає по дренажних каналах плит 10 у збірний канал 11 і виходить через відповідний патрубок у збірник очищеної олії. Тверда фаза, затримуючись на фільтрувальній перегородці, поступово заповнює камери всередині рам, утворюючи шар осаду. Зменшення швидкості витікання фільтрату є ознакою поступового заповнення рам осадом. При підвищенні вище норми гідравлічного опору фільтра, припиняють фільтрування. Плити і рами звільнюють від тиску стисного механізму, роз'єднують і дерев'яними скребками видаляють осад з фільтрувальних перегородок. Очищений фільтр знову стягують у пакет і продовжують фільтрування олії. Технічна характеристика рамних фільтрів наведена в таблиці 4.35.

До переваг цих фільтрів належить велика питома поверхня фільтрування на одиницю об'єму фільтра. Основним недоліком рамних фільтрпресів є необхідність в ручному обслуговуванні. Цього недоліку немає у фільтрпресах з великою площею поверхні фільтрування (понад 100 м<sup>2</sup>), і деяких пластинчастих та барабанних фільтрах, робота яких повністю автоматизована.

**Фільтр вакуумний "Скіф-2"** (рис. 4.106) складається з наступних основних вузлів і деталей: двосекційної місткості 1 неочищеної олії, двох касет 2 з фільтрувальними рамками, насоса-вакуумного 3, вакуумної місткості для збору очищеної олії 4, несучої рами 5 вакуумного блока і пристрою 6 для очищення фільтрувальних рамок.

Таблиця 4.34

## Технічна характеристика рамних фільтрпресів

Показники	Тип фільтрпреса		
	РОР	РОМ	ФПГ-820
Розмір рам, мм:	315×315	315×315	8210×820
Кількість рам	10; 14; 20; 28	10; 14; 20; 28	30
Повна площа фільтрації, м <sup>2</sup>	2,0; 2,8; 4,0; 5,6	2,0; 2,8; 4,0; 5,6	40,3
Питома продуктивність, л/м <sup>2</sup> ·год.	60	60	60
Робочий тиск, МПа	1,0	1,0	0,8
Потужність привода, кВт	–	3,7	4,0
Габаритні розміри, мм:			
– довжина	1750; 1730; 2360	1750; 1730; 2360	5090
– ширина	1000	1000	1460
– висота	645	645	1410
Маса, кг	650; 700; 1000	650; 700; 1000	11000

Касети 2 з фільтрувальними рамками через крани 7 і 8 сполучені вакуумними трубопроводами 9 і 10 з вакуумною місткістю для збору очищеної олії 4. Вакуумна місткість для збору очищеної олії 4 забезпечена мірною трубкою 11, зливним 12 і дренажним 13 кранами та мапо-вакуумометром 14. На цій же місткості встановлений пульт управління 15 з автоматичним вимикачем вакуумного насоса.

Фільтр працює так. Вакуумний насос відсмоктує повітря з місткості 4, в ній створюється вакуум. Внаслідок різниці тисків (атмосферного в місткості 1 з неочищеною олією і місткості 4 олія долає опір фільтрувальних елементів касет 2 і надходить по трубам в місткість-збірник очищеної олії 4. Тверда фаза, затримуючись на фільтрувальних елементах, поступово відкладається на них шаром осаду, який частково падає на дно місткості 1.

При значному зниженні продуктивності, роботу фільтра зупиняють і виймають з місткості касети 2. По черзі витягують фільтрувальні рамки з касет 2 і вставляють їх в пристрій 6 для чищення. Зчищають

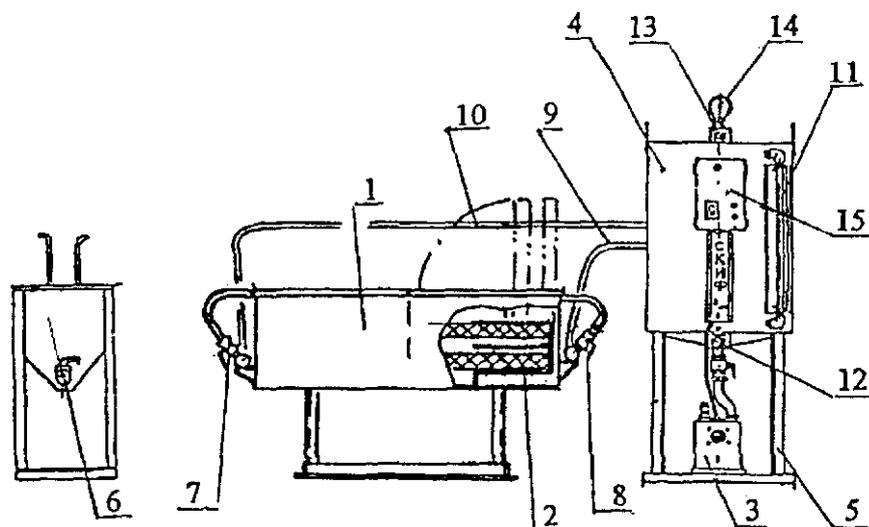


Рис. 4.106. Схема вакуумного фільтра "Скіф - 2":

- 1 – місткість для неочищеної олії; 2 – касети з фільтрувальними рамками;  
 3 – вакуумний насос; 4 – місткість-збірник очищеної олії; 5 – несуча рама;  
 6 – пристрій для очищення фільтрувальних рамок; 7, 8, 12, 13 – крани;  
 9, 10 – труби; 11 – мірна трубка; 14 – мановакуумометр; 15 – пульт управління

осад з поверхні фільтрувальних елементів гумовим шпателем вручну. Чисті рамки вставляють в касету 2 і опускають її в місткість 1. Періодично, один раз в місяць, очищають дно місткості 1 від осаду.

Технічна характеристика вакуумного фільтра "Скіф-2" наведена в таблиці 4.35.

**Пластинчасті фільтри.** Конструктивною особливістю фільтрів цього виду є пакет із фільтрувальних пластин, що розміщені горизонтально або вертикально. Залежно від способу створення різниці тисків розрізняють пластинчасті фільтри під тиском і вакуум-фільтри. Пластинчастий фільтр, що працює під тиском, показано на рисунку 4.107. Фільтрувальний блок 2 у такому фільтрі складається з фільтрувальних плит, які обладнані штуцерами для відведення очищеної олії в збірний колектор, і далі у вивідний патрубок. Плити на верхніх кінцях мають

Таблиця 4.35

## Технічні характеристики фільтра "Скіф-2"

Показники	Величина
Номінальна продуктивність л/год.	50...80
Поверхня фільтрації, м <sup>2</sup>	2
Рівень фільтрованої олії над рамками, мм не менше	50
Робочий вакуум, кПа	30...90
Споживана потужність, кВт	0,5
Габаритні розміри, мм:	
– висота	1900
– довжина	2800
– ширина	800
Маса, кг	270

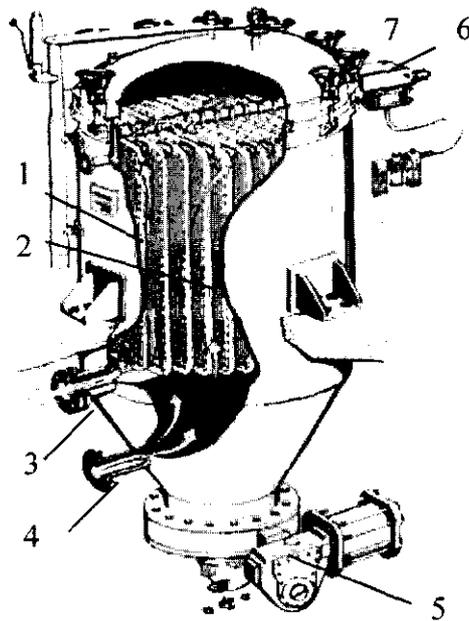


Рис. 4.107. Пластинчастий фільтр:

- 1 – корпус; 2 – фільтрувальний блок; 3, 4 – випускний і впускний патрубки; 5 – механізм вивантажування осаду; 6 – вібратор; 7 – гвинтова стяжка

вушка, якими підвішуються на гвинтову стяжку 7, що закріплена в корпусі. Між вушками розміщені розпірні втулки, які забезпечують однакову відстань між плитами. Кожна фільтрувальна плита складається з трьох шарів металевої сітки з неіржавіючої сталі. Зовнішні шари плити роблять з сіток з малими вічками, а внутрішні шари -- дренажних розріджених сіток.

Олію у герметичний корпус фільтра підводять під тиском 0,45 МПа патрубком 4. Внаслідок перепаду тиску на вході і виході фільтра олія проходить крізь фільтрувальну сітку і відвідними патрубками надходить в колектор, звідти у випускний патрубок 3. Осад з поверхні дисків періодично струшується пневматичним вібратором 6, який приводить у колильний рух блок пластин. З дна корпусу осад вивантажують механізмом 5.

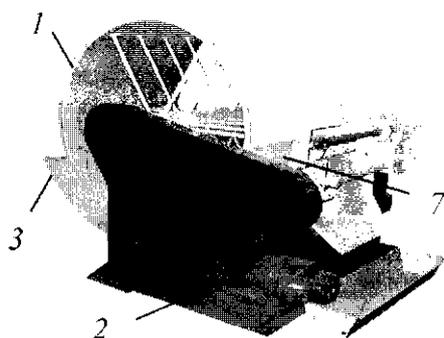
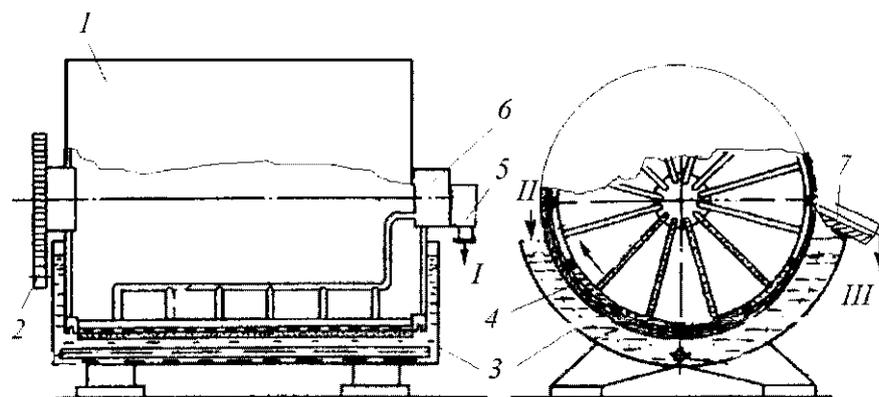
Технічна характеристика пластинчастих фільтрів наведена в таблиці 4.36.

Таблиця 4.36

#### Пластинчасті фільтри

Показники	АМА 42V- 195MS- 32	ВНП-3
Температура фільтрації, °С	35–40	не > 95
Площа фільтрації, м <sup>2</sup>	17,5	3
Об'єм пирога, м <sup>3</sup>	3,75	0,06
Число фільтрувальних плит:	11	6
Відстань між плитами, мм	70	80
Діаметр резервуара, мм	1070	804
Маса незаповненого фільтра, кг	1350	480

**Барабанні вакуумні установки** найпоширеніші серед фільтрів безперервної дії. До складу установки входять фільтр барабанний, ресивер для збору очищеної олії, вакуум-станція з насосом, місткість для приготування суміші перліту з олією, продуктопровід і пульт управління. Барабанний фільтр (рис. 4.108) має горизонтальний барабан 1 у вигляді двох циліндрів -- зовнішнього перфорованого, покритого фільтрувальною оболонкою 4 з намитим шаром перліту товщиною 30 мм, і



**Рис. 4.108. Барабанный вакуумний фільтр:**  
 1 – барабан; 2 – привод;  
 3 – корито; 4 – фільтрувальна перегородка; 5 – випускний патрубок; 6 – головка; 7 – ніж

внутрішнього сталевого суцільного. Порожнина між циліндрами з'єднана з порожнистою віссю барабана порожнистими спицями. Барабан на 30...40 % його поверхні занурюють у олію, яку подають у корито 5. Щоб запобігти осіданню твердих частинок олії на дно корита, в ньому під барабаном розмішують мішалку, що коливається. Вздовж осі барабана з одного його боку розміщено привод 2, а з другого – головка 6 з патрубком 5 для відведення очищеної олії в ресивер установки. Рухома частина головки з'єднана з порожнистою віссю барабана.

Під час повільного обертання барабана (0,5 об/хв.) через фільтрувальну поверхню, що перебуває в кориті з олією, під дією різниці тисків з обох боків фільтрувальної перегородки, відбувається процес фільтрування. Очищена олія засмоктується всередину головки 6 і виводиться

з фільтра в ресивер, а осад відкладається на фільтрувальній поверхні барабана.

Розрідження в робочій порожнині фільтра дорівнює 60...80 кПа. Це означає, що рушійна сила у барабанному фільтрі порівняно з фільтрпресами набагато менша, тому шар осаду не може бути товстим і його безперервно необхідно знімати. Для цього барабанний вакуумфільтр оснащено механізмом різання з мікрометричною подачею ножа, який за кожен оберт барабана зрізає 0,05 мм намитого шару перліту разом з відфільтрованим на ньому осадом. Ніж має як автоматичну, так і ручну подачу.

Технічна характеристика барабанних вакуумних установок наведена в таблиці 4.37.

Таблиця 4.37

**Барабанна вакуумна установка**

Показники	Величина
Продуктивність по соняшниковій олії при $t = 20^{\circ}$ , кг/год.	170
Робочий вакуум, кПа	60...80
Встановлена потужність, кВт	8,25
Місткість ресивера, м <sup>3</sup>	0,39
Займана площа, м <sup>2</sup>	13,5
Маса установки, кг	1010

**Гідрататори** призначені для коагуляції фосфатидних комплексів. Вони бувають періодичної і неперервної дії. Гідрататор періодичної дії (рис. 4.109) – це вертикально розміщений резервуар 1, в якому міститься механічна мішалка 6 для неперервного перемішування олії і розчину солі, що туди вводиться. Кількість води для однорідної партії олії визначають за лабораторною пробою. Температуру олії, що виходить з теплообмінника, регулюють так, щоб суміш олії з водою мала температуру, оптимальну для даного виду олії (для соняшnikової та арахісової – 45...50, соєвої і кукурудзяної – 60...70 °С).

Фосфатидний комплекс реагує з водою і утворює групи гідратованих фосфоліпідів, які випадають в осад.

Після утворення добре сформованих пластівців фосфатидів зупиняють мішалку і направляють олію на відстоювання або відцентрове сепарування. Видалення гідратованих фосфоліпідів відстоюванням проводять неперервним способом на багатоярусних дискових відстійниках, які працюють за принципом відділення олії від домішок внаслідок різниці густини олії і домішок, а також різниці швидкостей руху олії і домішок по похилих площинах тарілок. Відстоюють олію продовж 1–2 год. Зсідання фосфоліпідів відцентровим сепаруванням здійснюється за рахунок відцентрових сил, що діють на дисперсну фазу (гідратовані частинки) олії при обертанні ротора центрифуги. Застосовуються кошикові і тарілчасті розділюючі та трубчаті освітлювальні центрифуги. Ретельно очищену від фосфатидів гідратовану олію нормалізують за вмістом жирних кислот в нейтралізаторах олії різних конструкцій.

**Нейтралізатор олії** (рис. 4.110) найбільш поширений в лініях рафінації олії. Він складається з таких основних вузлів: резервуара 1 з водяною сорочкою 2, розподільників олії 4 і розчину основи (КОН), патрубків для виведення з апарата нормалізованої олії і мильного розчину.

Розподільник олії 4 призначений для рівномірного розподілу крапель олії в мильно-лужному розчині. Він складається з шести секцій (рис. 4.111), кожна з яких має розподільну трубу 3 і розташовану над

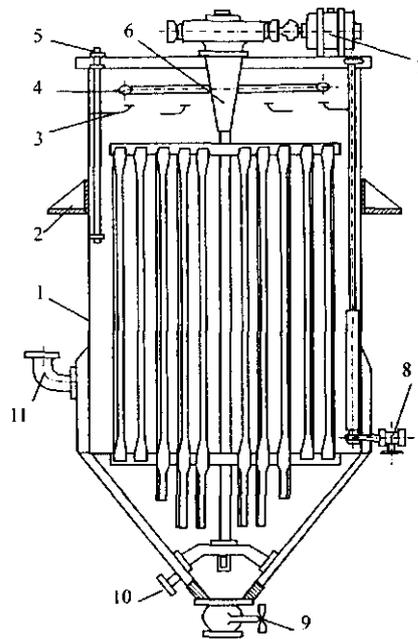


Рис. 4.109. Гідрататор:

- 1 – корпус; 2 – кронштейни;
- 3 – розпилувачі; 4 – кільцевий колектор; 5 – термометр;
- 6 – мішалка; 7 – привод мішалки;
- 8 – кран для подачі розчину солі;
- 9 – кран для випуску олії з осадом;
- 10 – кран для відбору проби олії;
- 11 – впускний патрубок для олії

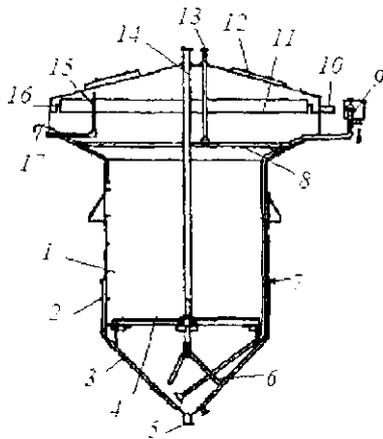


Рис. 4.110. Нейтралізатор:

- 1 – корпус; 2 – сорочка; 3 – конічне днище; 4 – розподільник олії; 5 – патрубок для спуску; 6 – опора; 7 – труба для відведення мильно-лужного розчину; 8 – розподільник для лугу; 9 – регулятор розділу фаз; 10 – патрубок для виходу олії; 11 – кільце; 12 – люк; 13 – патрубок для введення розчину лугу; 14 – патрубок для введення олії; 15 – шарнірна труба; 16 – кільцева кишеня; 17 – кран для відбору проб

Нейтралізатор працює так. Олія подається по центральній трубі 14, розподіляється по шести розподільних трубах розподільника, рівномірно виходить через отвори пелюстків і змішується з лугом. В процесі нейтралізації жирних кислот виходить мило, яке розчиняється в лужному розчині, утворюючи мильно-лужний розчин. У міру зростання

нею секторну пелюстку 2, обмежену знизу бортиком. У пелюстці просвердлено 5000 отворів діаметром 2 мм. Отвори розташовані по концентричних дугах з кроком 10 мм по дузі і між дугами. Кожна розподільна труба має у верхній частині 14 отворів для виходу олії. Отвори розташовані по всій довжині труби, діаметр отворів збільшується у міру їх видалення від центральної труби і складає відповідно 5, 7, 10, 12, 15, 17 мм.

Центральна труба 14 (рис. 4.110) своєю нижньою частиною спирається на під'ятник; секторні пелюстки до центральної труби кріпляться на фланцях, а на стінки апарата вони спираються на приварені кутники. Пелюстки мусять бути в горизонтальному положенні, щоб відстань між розподільною трубою і ними не перевищувала 10 мм.

Розподільник розчину лугу (рис. 4.112) є хрестовиною, викона-

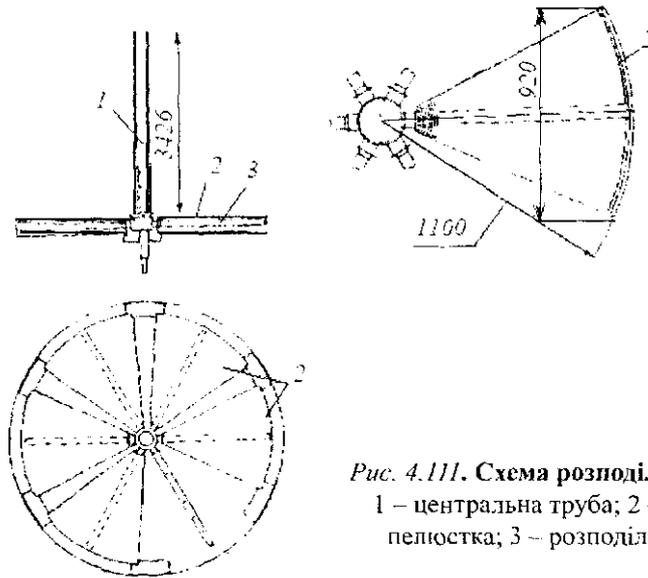


Рис. 4.111. Схема розподільника олії:  
1 – центральна труба; 2 – секторна пелюстка; 3 – розподільча труба

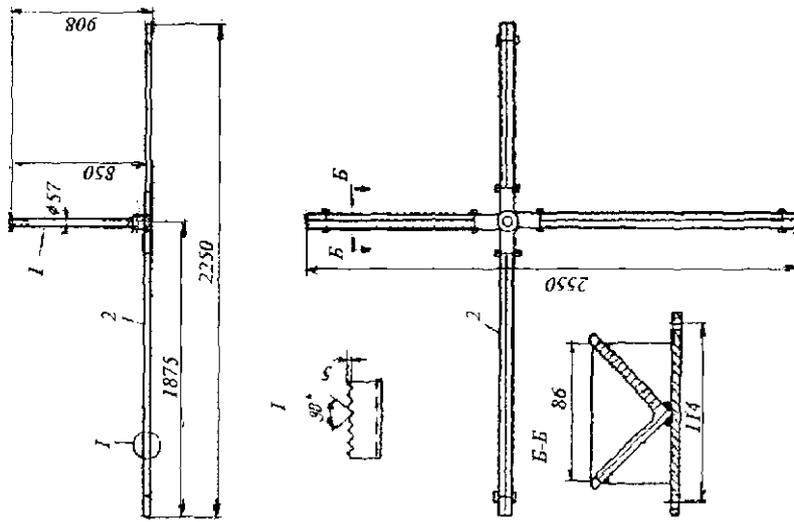


Рис. 4.112. Розподільник лугу:  
1 – центральна труба; 2 – хрестовина розподільника

концентрації мила в мильно-лужному розчині, продуктивність установки поступово збільшують, доводячи її до оптимальної. Під час нейтралізації соняшникової олії, розчин лугу вводять в кількості, що забезпечує 5...10 % надлишок проти теоретично необхідного для олій. Висота шару олії в апараті мусить бути не менше 600 мм. Температуру олії, розчину лугу і мильно-лужного розчину підтримують в межах 68...70 °С. Нейтралізована олія з кільцевої кишені витікає через переливну трубу. Її направляють на подальшу обробку (промивку, сушіння, виморожування тощо).

Для видалення восків олію охолоджують до температури кристалізації восків. Відділення кристалів воску здійснюється фільтрацією або центрифугуванням.

Олія подається до теплообмінника для підігріву до температури 20 °С і далі у стабілізатор. Потім олія подається у змішувач, де відбувається змішування олії з добавками, які прискорюють утворення кристалів воску. Наступною операцією є охолодження суміші в охолоднику, де відбувається кристалізація восків. Далі суміш олії з кристалами воску підігрівають і подають на фільтрування.

#### **4.5. Преси для виготовлення гранульованих комбікормів**

*Гранулюванням* називають процес надання продукту форми дрібних кусків – гранул різної щільності пресами грануляторами різноманітних конструкцій. Класифікація пресів для грануляції сухим способом розроблена Р. Я. Фарбманом. Залежно від типу робочих органів прес-гранулятори діляться на формуючі (поршневі, штемпельні), вальцові, і екструдери (рис. 4.113).

В даний час на сільськогосподарських переробних виробництвах найбільш поширені прес-екструдери. Екструдери, що використовуються для виробництва комбікормів, за конструкцією подібні до прес-екструдерів в олійному виробництві. Вони оснащені одним або двома збірними робочими гвинтами і формуючим інструментом з отворами (матрицею).

Процес екструдкування заключається в тому, що подрібнене зерно в прес-екструдері під дією високого тиску, тертя та нагрівання зовнішніми нагрівачами розігрівається до температури 120...150 °С

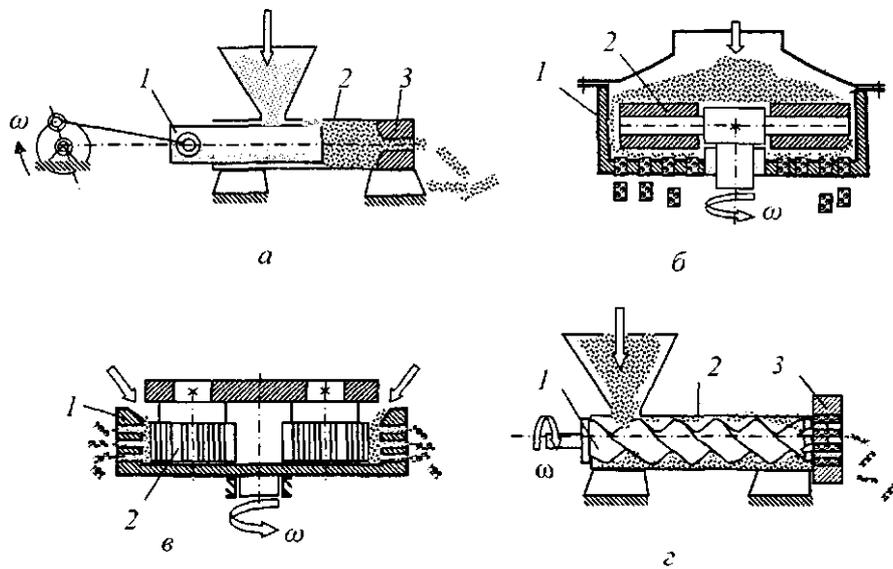


Рис. 4.113. Схеми пресів грануляторів:

- а – штемпельний прес: 1 – пуансон; 2 – циліндр 3 – формувальна насадка;  
 б, в – вальцьові преси з плоскою і кільцевою вертикальною матрицею:  
 1 – матриця; 2 – вальці; г – прес-екструдер: 1 – гвинт; 2 – циліндр;  
 3 – матриця

і перетворюється в пластичну масу. Під час виходу з пресу, завдяки великому перепаду тиску, маса спучується (набухає). В результаті такої обробки крохмаль зерна перетворюється в декстрини, які легко засвоюються. Більша частина мікрофлори (бактерії, грибки) під час екструдвання знищуються.

На комбікормових виробництвах поширені екструдери **КМЗ-3**, екструдери виробництва ЗАТ “ЧеркасиЕлеваторМаш” з торговою маркою “ВРОНТО” моделей **Е-150, Е-250, Е-500, Е-500W, Е-1000** и **Е-1500** та інші, які за будовою та принципом дії схожі.

Прес-екструдер **КМЗ-2** (рис. 4.114) складається з основи, живильного механізму, пресуючого вузла, привода та інших вузлів.

Основним робочим органом екструдера є пресуючий вузол, що складається з нагнітального шнека, збірного циліндра і матриці (рис. 4.115).

Рис. 4.114. Схема прес-екструдера КМЗ-2:

- 1 – основа; 2 – привод;
- 3 – завантажувальний бункер;
- 4 – живильний гвинт-дозатор;
- 5 – лоток прийомної камери;
- 6 – збірний гвинт нагнітаючий;
- 7 – збірний циліндр; 8 – головка преса з матрицею і різальним механізмом;
- 9 – привод живильного гвинта; 10 – термометр;
- 11 – електродвигун; 12 – редуктор

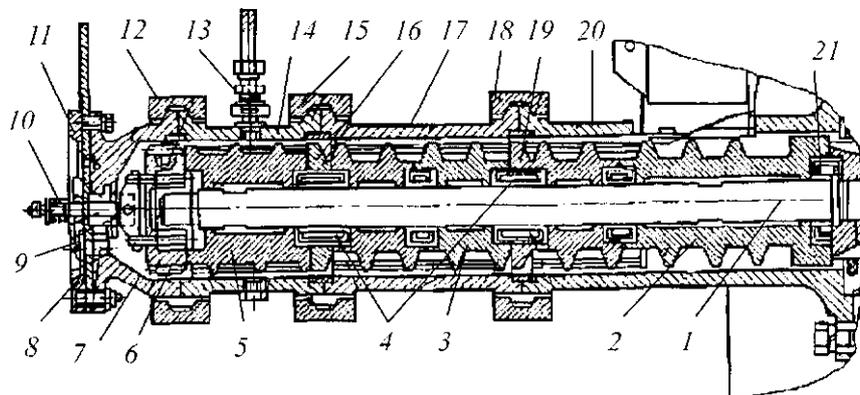
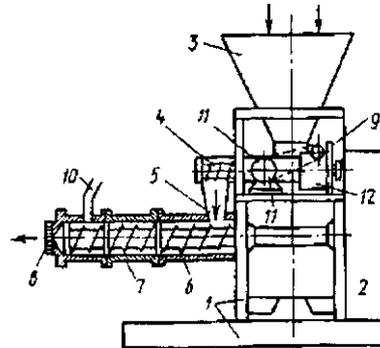


Рис. 4.115. Конструкція робочого органа преса:

- 1 – вал гвинта; 2, 3, 5 – секції витків; 4, 21 – шпонки; 6 – гайка;
- 7 – корпус головки преса; 8 – матриця; 9 – ніж; 10 – притискна пружина;
- 11 – притискний диск; 12, 15, 18 – хомути; 13 – термopара; 14, 17, 20 – секції робочого циліндра; 16, 19 – нагрівачі кільцеві

Нагнітаючий гвинт складається з шпильки, яка має ліву різьбу і угвинчується у вал приводу, та секцій витків і втулок з нагрівачами. Секції витків з втулками затискаються гайкою із зовнішніми пазами для проходу концентрату. Передача крутного моменту від основного вала приводу збірному гвинту здійснюється за допомогою шпонок.

Збірний гвинт розміщено в збірному циліндрі, який присидується болтами до несучого корпусу екструдера. Прямокутне вікно зверху в корпусі служить для кріплення приймальної камери, через яку суміш поступає з шнека-дозатора в збірний циліндр нагріваючого шнека. Роз'ємні половини циліндра стягнуті хомутами і з'єднані шпонками від провертання.

На внутрішніх поверхнях секцій циліндра передбачені пази для інтенсифікації переміщення суміші уздовж осі шнека. В головці преса розміщена матриця з рукояткою та різальний механізм, що приводиться в рух від гвинта поводковою передачею. Ніж різального механізму притискується до матриці пружиною.

Суміш зерна, карбаміду та бентоніту (70; 25 і 5 %) завантажують в бункер, а потім направляють в робочий циліндр екструдера, де він нагрівається до 150...160° С і під тиском 1,8...2,0 МПа вичавлюється через отвори матриці і ріжеться на шматки однакової довжини. Температуру в зоні пресування вимірюють термопарою.

Під час виходу екструдованого продукту з машини він впусується, зберігаючи форму перетину отворів матриці і твердіє протягом деякого часу (30...60 хв.). Після охолодження гранули відправляють на склад готової продукції або подрібнюють до такого стану, щоб розміри частинок були меншими за 6 мм.

Процес екструзії дуже вимогливий до стану початкових компонентів суміші за вологістю: зерна – 12...15 %, бентоніту – 5...6 %, мочевины – 0,3 %. Тиск пресування регулюють поворотом матриці відносно корпусу головки преса, в якому зроблено отвори для виходу продукту. Зміщення матриці відносно корпусу головки змінює площу прохідного перерізу, цим досягається зміна тиску і температури пресування. Найменший тиск і температура пресування мають місце при суміщених отворах корпусу і матриці. Матриця фіксується в заданому положенні болтом і притискається до головки корпусу притискним диском.

Під час експлуатації не можна на довгий час зупиняти екструдер заповнений продуктом. Розігріта робоча маса в екструдері швидко охолоджується, твердне, і повторно пустити в роботу екструдер без його розбирання стає неможливим.

Загальний вигляд преса марки **E-1000** "BPONTO" показано на рисунку 4.116, технічна характеристика наведена в таблиці 4.38.

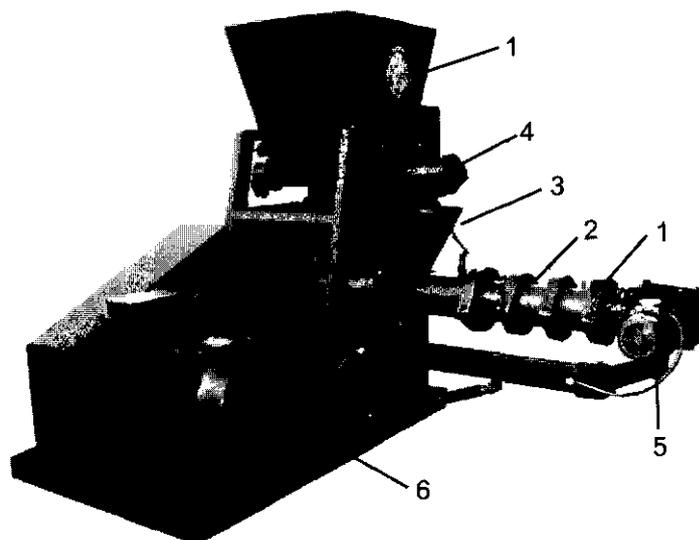


Рис. 4.116. Прес-екструдер Е-1000:

1 секція робочого циліндра; 2 хомут; 3 прийомна камера; 4 гвинтовий дозатор; 5 – бункер; 6 – електродвигун приводу робочого гвинта; 7 – привід різального механізму

Таблиця 4.38

Технічна характеристика екструдерів торгової марки “BRONTO”

Показники	Е-150	Е-250	Е-500	Е-500W	Е-1000
Продуктивність, кг/год.	150	250	500	500	1000
Потужність привода, кВт	19	37	55	58	92,5
Габаритні розміри, мм:					
– довжина, мм	1700	2000	2000	2105	2500
– ширина, мм	705	1550	2300	2640	2600
– висота, мм	1700	1650	1700	1540	2000
Вага, кг	700	1000	1400	1500	2000

На текстуру, розміри і якість кінцевого продукту впливають характеристики гвинта і циліндра, швидкість обертання гвинта та інші умови плинності процесу (температура, вологість); характеристики сировини, параметри матриці (формуючого пристрою) і різального механізму. Зростанню температури сприяє підігрів робочої маси кільцевими електронагрівачами.

Профіль гвинта може бути змінений підбором гвинтових секцій з різним нахилом або додаванням втулок спеціального профілю. Всі ці чинники впливають на переміщення пластичного матеріалу в робочому просторі циліндра преса і на енергомісткість процесу.

Матриця преса виконує дві основні функції. По-перше, матриця обмежує потік продукту, тим самим створює в екструдері необхідний тиск для формування якості екструдата; по-друге, вихідна матриця формує розміри екструдата. Пластичний матеріал видавлюється через отвори (філь'ери) матриці. Густина кінцевого продукту залежить від тиску, температури і вологості екструдерування. Для екструдування звичайно використовують матриці одного з двох типів: лицьові або периферійні. Філь'ери в лицьових матрицях розташовані так, що екструдат виходить з матриці в тому ж осьовому напрямі, що і загальний потік, через екструдер. У разі периферійної матриці, екструдат виходить з матриці під прямим кутом до напрямку загального потоку через екструдер. Вибір типу матриці для конкретного продукту і процесу, повністю залежить від призначення продукту і сировини, використаної у виробництві. У випадках, коли необхідний високий опір матриці для збільшення робочого тиску, але при цьому у вихідній матриці потрібні отвори більшої площі для отримання продукту відповідної форми і розмірів, може бути використана концепція матриці Вентурі.

#### **4.6. Обладнання для дозування, фасування і пакування зернових продуктів**

##### **4.6.1. Особливості процесу дозування і класифікація дозаторів**

Завершальним етапом борошномельного і круп'яного виробництва є дозування і фасування борошна і крупів у мішки та більш мілку тару (пакели) для масового споживача. В схемі виробництва комбікормів

дозування займає проміжне місце між сукупністю різноманітних технологічних процесів підготовки компонентів і завершальними операціями виробництва – змішуванням, екструзуванням, гранулюванням і дозуванням готової продукції. Особливо високі вимоги висовують до точності дозування мікродобавок при виготовленні преміксів, 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. 4.117). 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 кінематично зв'язаних вагових важелів (коромисло, важіль, квадрат тощо) з вантажем (гирсю), що беруть участь в урівноваженні сили тяжіння зважуваного продукту і передачі виникаючих при цьому зусиль.

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 елемента вимірювального перетворювача від дії сили тяжіння зважуваного продукту. Основними

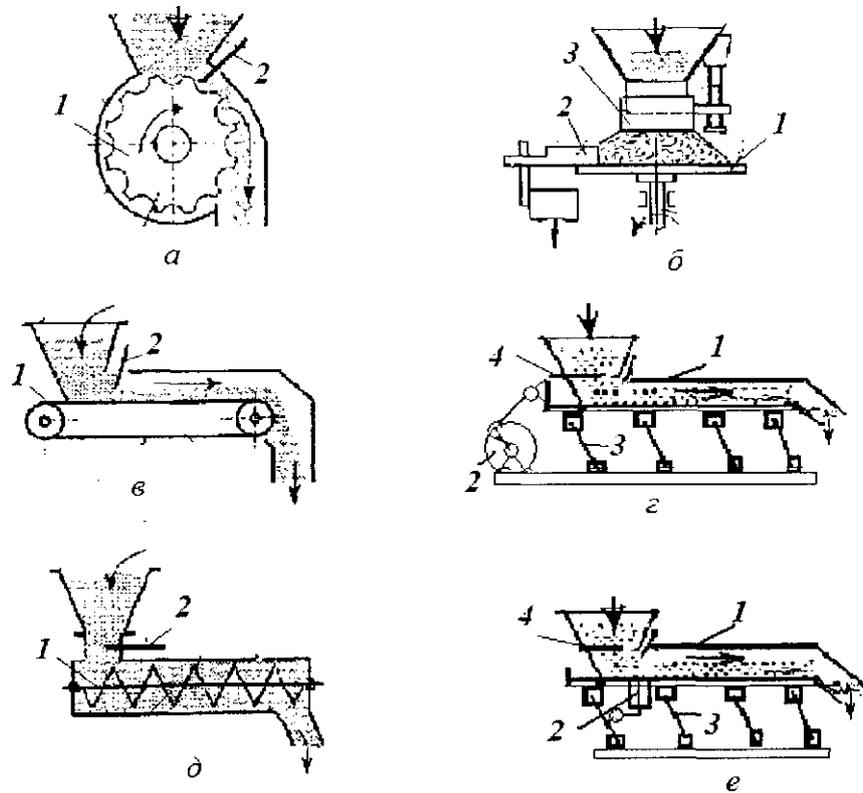


Рис. 4.117. Схеми дозаторів:

- а – барабанный: 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

(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 застосовуються 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 температурна 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.

#### **4.6.2. 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.

У комбікормових лініях поширений барабанний дозатор **ДП-1** (рис. 4.118). Він складається з корпусу 1, чарункового барабана 2, активатора 3, привода та інших вузлів.

Дозатор кріплять до вихідної горловини кожного бункера з компонентом сировини. Бункери з дозаторами ставлять в одну лінію, так як вони приводяться в дію від загального приводного вала 6. Опори 7 вала – рознімні, прикріплені болтами знизу до корпусу дозатора. Барабан по довжині поділено на шість секцій, в кожній шість чарунків.

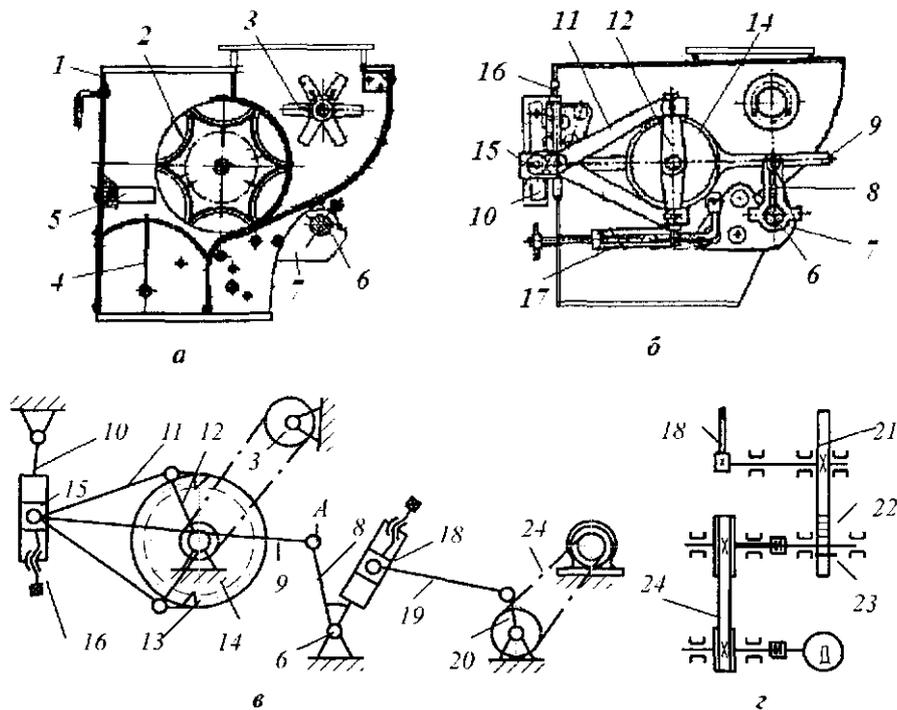


Рис. 4.118. Барабанный дозатор:

а – поперечний переріз; б – загальний вигляд приводу; в, г – кінематична схема; 1 – корпус; 2 – барабан; 3 – активатор; 4 – клапан; 5 – магнітний уловлювач; 6 – приводний 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

Секції зміщені між собою на кут  $10^\circ$  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.

У вихідній горловині дозатора розміщено клапан 4 з рукояткою для ручного управління. Поворотом рукоятки з клапаном змінюють напря-

мок руху продукту до лицьової стінки з дверцями для зручного відбору проби. Вище клапана на дверцях корпусу розміщено магнітний уловлювач 5 з постійними магнітами.

Приводний механізм барабанного дозатора (рис. 4.118, 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. 4.118, в), коромисло 18 якого закріплено на загальному валу 6 привода, а кривошип 20 приводиться в рух від двигуна пасовою 24 та зубчатою 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. 4.118 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. 4.118, б) з рукояткою і роликом на кінцях. Ролик впирається знизу в шатун 9. Рукояткою переміщують повзун з роликом в сторону храпового колеса і розмикають шарнір А, барабан дозатора зупиняється.

Приводний механізм вала 6 оснащено пристроєм розчеплення коліс, яким виводять із зачеплення шестерню 22 (рис. 4.118, г) і вимикають з роботи всі дозатори групи.

**Технологічний розрахунок об'ємних дозаторів.**

*Барабанний дозатор.* Продуктивність барабанного дозатора, кг/год.,

$$Q = 1800 Stz \rho k \omega / \pi, \quad (4.68)$$

де:  $S$  – площа поперечного перерізу чарунки або секції, м<sup>2</sup>;  $l$  – довжина барабана (чарунки або секції), м;  $z$  – кількість чарунок у барабані;  $\rho$  – масова густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;  $k = 0,8$  – коефіцієнт наповнення;  $\omega$  – середня кутова швидкість барабана, рад/с

$$\omega = 0,5v/D, \quad (4.69)$$

де:  $v$  – колова швидкість барабана, яку беруть у межах 0,025...1,0 м/с;  $D$  – діаметр барабана, м.

Витрату енергії на приведення барабанного дозатора в рух визначають тертям продукту по барабану і між собою. Слід ураховувати можливе дроблення продукту між кромками чарунок (лопатками) і стінами кожуха барабана.

Сила тертя, що розвивається при ковзанні продукту,

$$F = p_n S_n \operatorname{tg} \varphi_0, \quad (4.70)$$

де:  $p_n$  – тиск продукту на поверхню барабана, Па;  $S_n$  – площа горизонтального перерізу горловини бункера, м<sup>2</sup>;  $\varphi_0$  – кут природного укосу продукту під час руху;

Потужність для приведення барабана в рух, кВт,

$$N = 10^{-3} F v k_1, \quad (4.71)$$

де:  $v$  – колова швидкість барабана, м/с;  $k_1$  – коефіцієнт, що враховує опір продукту дробленню (для порошкоподібних і дрібнозернистих продуктів  $k_1 = 1$ ; для кускових, які легко розпадаються,  $k_1 = 2$ ).

Потужність електродвигуна барабанного дозатора, кВт,

$$N_d = N k_2 / \eta_T, \quad (4.72)$$

де:  $k_2 = 1,1 \dots 1,2$  – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя робочих органів дозатора;

$\eta_T$  – ККД привідного механізму дозатора.

*Тарілчастий дозатор.* Тарілчастий дозатор (рис. 4.117, б) має вигляд диска з вертикальною віссю обертання, з якого продукт скидається скребком. Товщина шару продукту регулюється пересувною манжетною, яка перекидає вихідний патрубок бункера. Вертикальний вал приводиться в рух електродвигуном через передавальний механізм. Продукт на тарілці набирає форму зрізаного конуса, висота якого залежить від висоти установки манжети.

Продуктивність дозатора,  $Q$ , кг/год., визначається масою порції продукту, що скидається з диска скребком за годину:

$$Q = 1800 V_0 \rho \omega / \pi, \quad (4.73)$$

де  $V_0$  – об'єм продукту, який знімається із диска за один оберт,  $\text{м}^3$ :

$$V_0 = \frac{\pi h^2}{tg \varphi_0} \left( R + \frac{h}{3tg \varphi_0} \right), \quad (4.74)$$

де:  $h$  – висота підйому манжети над диском (рис. 4.119), м;  $R$  – радіус манжети, м;

$\omega$  – кутова швидкість диска, рад/с.

Критичну кутову швидкість диска  $\omega_k$  визначають з умови відсутності сходу продукту з диска від дії відцентрової сили:

$$m \omega_k^2 R_1 = fmg. \quad (4.75)$$

де:  $R_1$  – радіус основи конуса продукту, м;  $f$  – коефіцієнт тертя продукту об диск в умовах руху;  $g = 9,81$  – прискорення вільного падіння  $\text{м/с}^2$ .

Кутову швидкість диска беруть дещо меншою за його критичну швидкість:

$$\omega = 0,9 \omega_k, \quad (4.76)$$

Щоб визначити витрату енергії на приведення тарілчастого дозатора

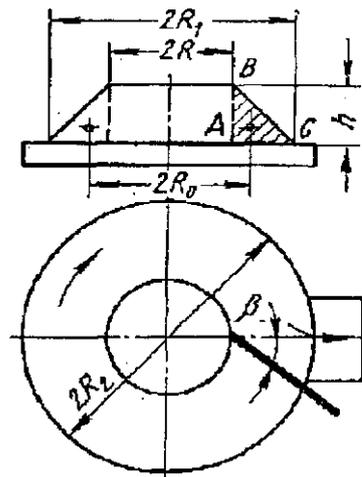


Рис. 4.119. Розрахункова схема тарільчастого дозатора

в рух потрібно врахувати опір тертя продукту об поверхню диска і скребка, опір дробленню продукту скребком, опір скручуванню стовпа продукту, який опускається з бункера дозатора.

У першому наближенні потужність на валу диска, кВт,

$$N = 10^{-3} V_0 \rho f \omega R. \quad (4.77)$$

Потужність електродвигуна, кВт,

$$N_0 = \frac{Nk}{\eta_r} (1 + f_1 \cos \beta), \quad (4.78)$$

де:  $k = 1,5 \dots 2,0$  – коефіцієнт запасу;  $\beta = 35 \dots 45$  – кут установлення скребка, град;

$f_1 = 0,37 \dots 0,60$  – коефіцієнт тертя матеріалу об скребок.

*Стрічкові дозатори* застосовують для подавання і дозування сипких і вологих матеріалів, які злежуються. Товщину шару продукту на стрічці регулюють заслінкою. Швидкість стрічки становить  $0,1 \dots 0,5$  м/с. Продуктивність стрічкових дозаторів і потужність приводного двигуна визначають за формулами для стрічкових конвеєрів загального призначення.

*Вібраційні дозатори.* Грохот вібраційного дозатора (рис. 4.117, з, е) спирається на ряд плоских пружин і приводиться в рух ексцентриковим механізмом (г) або вібратором (е) з неврівноваженими вантажами. Частоту обертання ексцентрика (вібратора) беруть у межах  $110 \dots 300$  с<sup>-1</sup>, амплітуду коливань робочої поверхні грохота в напрямку переміщення продукту –  $1 \dots 3$  мм.

Продуктивність вібраційного дозатора, кг/год.,

$$Q = 3600 b h \rho v_{cp}, \quad (4.79)$$

де:  $b, h$  – відповідно ширина робочої поверхні грохота і висота шару продукту, м;

$$v_{cp} = \omega r k_v, \quad (4.80)$$

$v_{cp}$  – середня швидкість руху продукту, м/с;  $r$  – радіус кривошипа, м;  $k_v = 0,1 \dots 0,5$  – коефіцієнт кінематичного режиму.

### 4.6.3. Вагові дозатори

**Важільно-механічний дозатор** (рис. 4.120, 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 з 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 увімкненні дозатора починає працювати живильник за номінальною продуктивністю. У міру заповнення бункера стрілка 8, переміщуючись по циферблату, досягає датчика 10 грубого зважування маси, який переводить

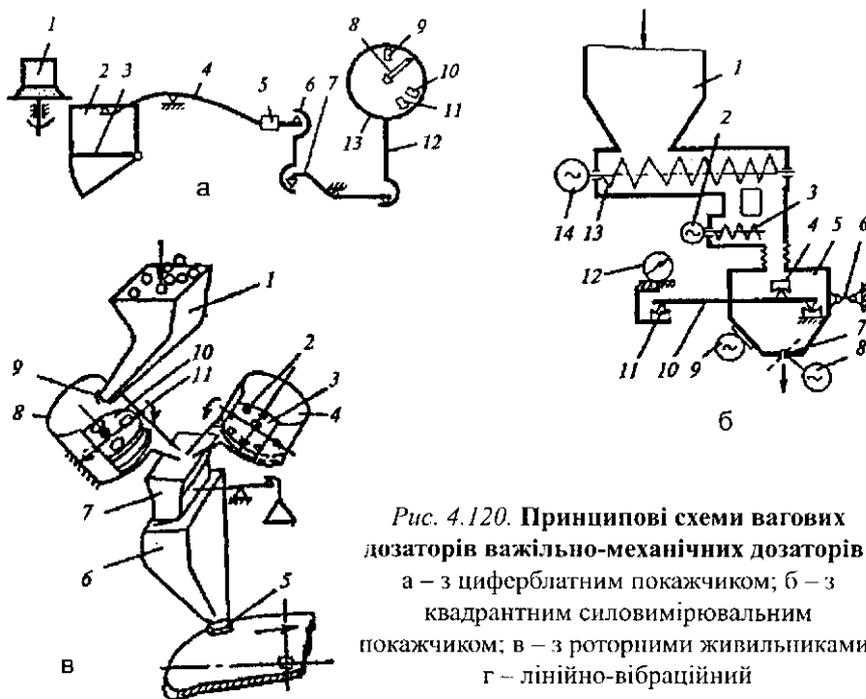


Рис. 4.120. Принципові схеми вагових дозаторів важільно-механічних дозаторів: а – з циферблатним покажчиком; б – з квадрантним силовимірювальним покажчиком; в – з роторними живильниками; г – лінійно-вібраційний

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.

Для дозування сипких мілких продуктів (борошно тощо) застосовується *ваговий дозатор з квадрантним силовимірювальним показником* (рис. 4.120, 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 нерухої опори за допомогою струни 6. Показник циферблата 12 передає результати вимірювань показнику, 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 нерухою на подушках несучої рами дозатора. На двох інших призмах підвішено ваговий бункер, а п'ята призма служить опорою вагового важеля з тягою показника циферблата, який також розташований на несучій рамі.

Дозатор оснащено установкою досипання, яка складається з гвинтового живильника 3 з приводом 2, включаючого електродвигун і редуктор. Знизу бункер 5 має поворотну заслінку 7, яка приводиться в рух поворотним механізмом 8. Руйнування склепін 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 рисунку 4.121,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 стулки рухомого днища бункера 2 і відміряна доза вивантажується в ківш 5.

На рисунку 4.121,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.

Тензометричний датчик є вимірювальним мостом, зібраним з чотирьох резисторів, два з яких є робочими (ТР), а два інших (RK) – термокомпенсаційні. Дротяні резистори наклеюють до поверхні деталі, яка під час зважування деформується. Дріт резистора також деформується,

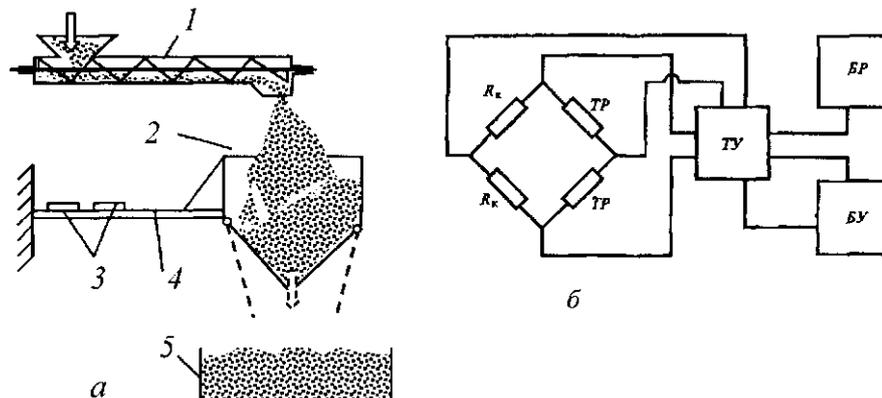


Рис. 4.121. Технологічна схема дозатора (а) і структурна схема його автоматизації (б):

- 1 – гвинтовий дозатор; 2 – бункер для зважування продукту;  
3 – тензометричні датчики; 4 – пружна балка; 5 – ківш для зваженого продукту

змінюється його електричний опір, а отже і струм, що йде через цей дріт. Зміна струму ресструється відповідними приладами.

Зміна опору дроту (Ом) тензорезистора і відносна деформація деталі при одноосній напрузі у області пружних деформацій знаходяться в залежності:

$$\Delta R = R \frac{\sigma}{E} k, \quad (4.81)$$

де:  $R$  – початковий опір дроту тензорезистора, Ом;  $E$  – модуль пружності матеріалу деталі, Па;  $\sigma$  – 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 2,1.

Нижче описані вагові дозатори, що поширені на переробних сільськогосподарських виробництвах.

**Ваговий тензометричний дозатор типу Д-50Ш** (рис. 4.122) засто-

совується 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.

Маса дози, режим дозування, інші змінні параметри завдаються 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.

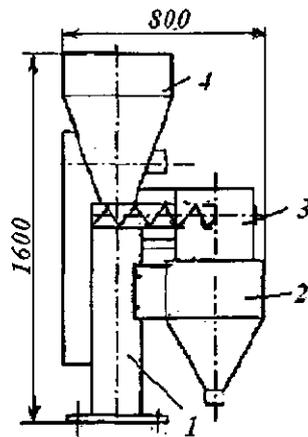


Рис. 4.122. Дозатор Д-50Ш-БП:

1 – рама; 2 – дозувальний бункер; 3 – дозатор; 4 – завантажувальний бункер

Дозатор Д-50Ш-Б призначений для підсумкового обліку маси, забезпечення необхідної рівномірності подачі (витрат), а також автоматичного дозування борошна, висівок, комбікормів, інших цилінодібних та дрібнодисперсних продуктів. Дозатор веде облік маси зважених або дозованих продуктів. Він може працювати як автономно, так і в складі комп'ютеризованої АСУ ТП підприємства.

Тензометричні бункерні облікові ваги В70Г-БУ25, В-220Г-БУ100 (рис. 4.123) 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.

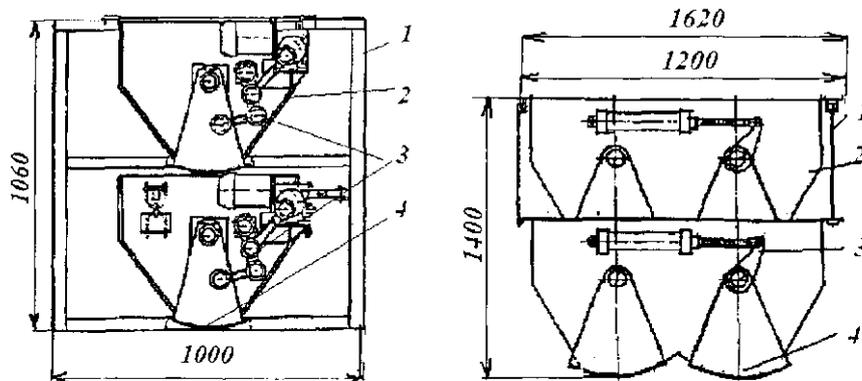


Рис. 4.123. Тензометричні бункерні облікові ваги:  
 а – В70Г-БУ25 з електроприводом заслінок; б – В-220Г-БУ100 з пневмоприводом: 1 – рама; 2 – бункер; 3 – механізм управління заслінками; 4 – заслінки

Технічні характеристики вагових дозаторів наведені в таблиці 4.39.

Таблиця. 4.39

## 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	0,1	0,1
Електроживлення	0,8 кВА	1,5 кВА	1,5 кВА	0,9 кВА	0,07 кВА
Габарити розміри, мм:					
– довжина	1600	1240	1460	800	1620
– ширина	800	870	900	1000	1020
– висота	800	1870	980	1060	1400
Маса, кг	110	160	130	180	180

#### 4.6.4. Обладнання для фасування і пакування зернових продуктів

**Фасування сипких продуктів** (борошна, крупи, комбікорму тощо) і штучних виробів – процес упаковки відміряної дози сипкого продукту або штучних виробів у тару, заздалегідь виготовлених у фасувальній машині або поза нею. Процес фасування обумовлений особливостями взаємних перемішень продукту (або виробів), пакувального матеріалу і робочих органів машини при виконанні основних операцій: подача пакувального матеріалу; формування з нього тари (пакета, коробки або пачки), наповнення тари, заклеювання (зшивання, заварювання) отвору, через який завантажуються продукт у тару. Пакети і пачки повинні бути склеєні.

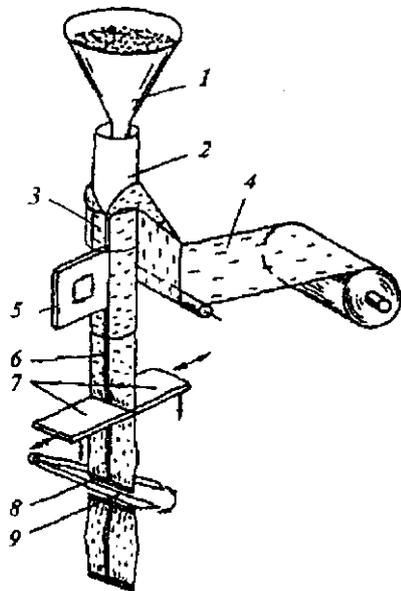
Борошно у споживчу тару пакують масою нетто по 1, 2 і 3 кг, а крупи – від 250 г до 1 кг, кратними 25 г.

На практиці широко поширений спосіб постадійного фасування сипких продуктів на роторному автоматі з циклічним обертовим рухом із зупинками. Паперовий або картонний пакет заздалегідь виготовляється окремою машиною. Готовий порожній пакет спеціальним механізмом подається в гніздо фасувального ротора. Під час проходження пакета в гнізді фасувального ротора виконуються основні операції: контроль наявності пакета 3, наповнення його продуктом, ущільнення продукту, загин клапанів і нанесення клею на шви, притиск і склеювання (часто застосовують зашивання або зварювання), виштовхування пакета з продуктом з гнізда фасувального ротора і видача пакета на конвеєр готової продукції.

Інший спосіб передбачає постадійне фасування сипких продуктів на шаговому конвеєрі. У магазин конвеєра закладаються готові пакети, які вакуумними захватами переносяться, розкриваються і надягають на завантажувальну воронку. Бічна частина воронки розтягує пакет, а механізм притиску щільно притискує його до випускного отвору воронки.

Потім пакет наповнюється продуктом і подається на фасувальний конвеєр. На ньому пакет з продуктом ущільнюється і обжимається. Після цього роблять оформлення верхньої частини пакета, незаповненої продуктом. Наноситься клеї і виконуються перегиби верхньої кромки пакета. Двома нагрітими губками згорнута кромка пакета склеюється і упакований пакет, заповнений продуктом, подається на конвеєр готової продукції.

Третій спосіб фасування сипких продуктів роблять у фасувальних машинах з вертикальним пакетоформувавцем з поліетиленової плівки (рис. 4.124). Відміряна доза продукту завантажується в приймальну воронку 1 і подається у формуючий циліндр 2 пакетоформувача. Одночасно стрічка пакувального матеріалу 4, заправлена між вертикальною напрямною 3 і формуючим циліндром 2, під час протягування вниз, згортається в трубку. Подовжній шов, що утворюється при цьому, притискається і прогрівається вертикальним електронагрівчем 5 до температури 120...130 °С. В результаті цього відбувається термічне зварювання подовжнього шва 6.



*Рис. 4.124. Технологічна схема процесу упаковки сипкого продукту фасувальною машиною з вертикальним пакетоформувавцем:*

1 – воронка; 2 – формуючий циліндр; 3 – формуюча напрямна; 4 – поліетиленова плівка; 5, 7 – зварювальний апарат; 6, 8 – шви; 9 – механічні ножиці

напівавтоматичні дозатори (рис. 4.125) та мішкозашивні машини типів **ЗЗЕМ, К4-БУВ**.

Мішкозашивна машина **К4-БУВ** (рис. 4.126) більш досконала, випускається в двох виконаннях, з довжиною конвєрса 3, 4 і 5 м. Вона складається з станини 9, стояка 1, транспортера 6, напрямної 10 для мішків, швейної головки, приводу та інших вузлів. Стояк швейної головки призначений для закріплення швейної головки і регулювання

Далі трубка пакувального матеріалу пережимається горизонтальними губками 7 механізму протяжки. У пакет, що утворився, зверху подається відміряна доза сипкого продукту. У губках 7 змонтовані нагрівальні елементи, які зварюють пакувальний матеріал з утворенням поперечного шва. Заповнений продуктом пакет відрізається ножицями 9 посередній зварного шва 8.

Для дозування і фасування зернопродуктів на сільськогосподарських переробних виробництвах застосовуються автоматичні дозатори і фасувальні автомати **Д-5Ш-БП, Д-50Ш-М, Д-50Ш-Б, АПА-М, АРВ, АФА-1, БРА** та ін. Технічна характеристика найбільш поширених фасувальних машин наведена в таблиці 4.40.

На зернопереробних сільськогосподарських підприємствах, як правило, готові продукти фасують в тканинні або паперові мішки з використанням простих установок, до складу яких входять

Таблиця 4.40

## Технічна характеристика фасувальних машин

Показники	АПА-М	АРВ	АФА-1	БРА
Продуктивність, шт/хв.	52	до 30	60	20
Види продуктів	крупа, ін.	крупа, борошно	борошно, ін.	борошно, ін.
Маса дози продукту, кг	0,5±0,01	до 0,8	1,0±0,01	2,0±0,01
Встановлена потужність, кВт	4,5	3,6	11,0	5,1
Габаритні розміри пакета, мм:				
– довжина	85	100	106	120
– ширина	50	300	76	80
– висота	166	90...200	171	250
Габаритні розміри машини, мм:				
– довжина	4386	2300	7000	3830
– ширина	3550	1300	5050	2600
– висота	2160	3200	3000	3385
Маса, кг	5842	2130	16500	2650

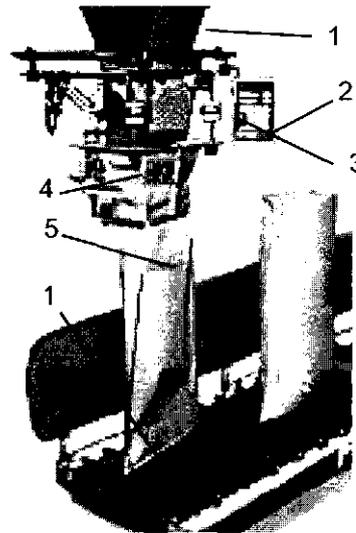
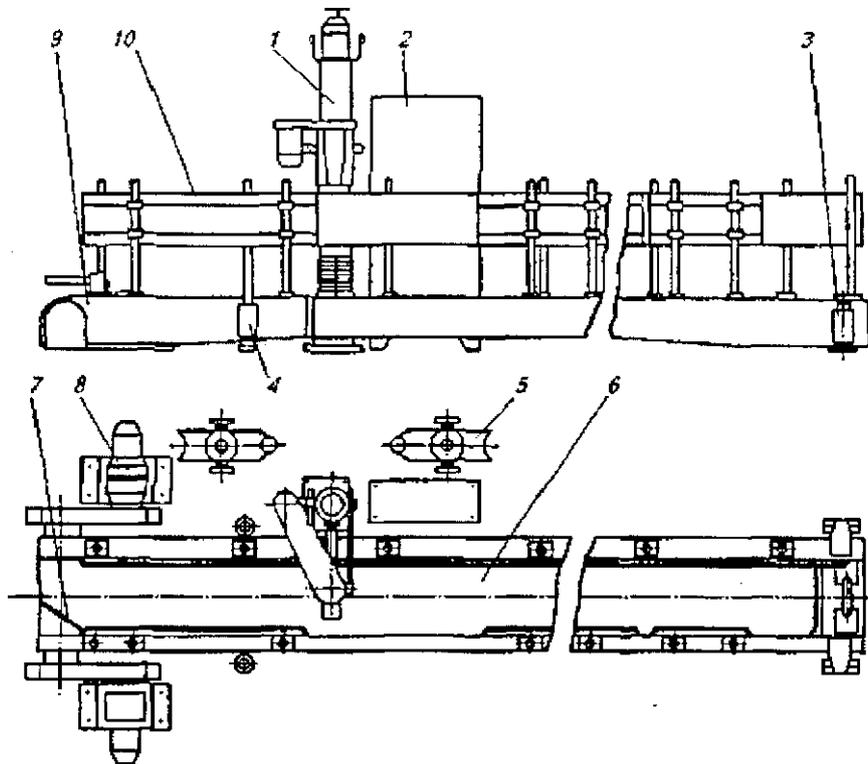


Рис. 4.125. Зовнішній вигляд дозатора для фасування зернових продуктів у мішки:

- 1 – бункер; 2 – пульт управління з електронним табло; 3 – тензометричний елемент; 4 – затискачі для мішка;  
5 – мішок; 6 – транспортер



*Рис. 4.126. Мішкозашивна машина К4-БУВ:*

1 – стояк швейної головки; 2 – електрошафа; 3, 4 – опори; 5 – ниткотримач;  
6 – транспортер; 7 – захват; 8 – привід; 9 – станина; 10 – направляючі для  
затарених мішків

її положення в залежності від розміру мішків. Він складається з опори 7 з телескопічною трубою 2, яка залежно від розміру мішків може фіксуватись в різних положеннях, закріпленого на трубі кронштейна 4 і приводу 3 головки. Опора стояка має отвори для кріплення до фундаменту і до рами транспортера.

Стрічковий транспортер 6 призначений для переміщення мішків до швейної головки і транспортування їх після зашивання на подальшу технологічну операцію.

Машини поставляються з швейними головками для зашивання паперових мішків класу 38-А, для зашивання тканинних мішків – класу 38-Д. Технічні параметри швейних головок приведені в таблиці 4.41, а технічна характеристика машини К4-БУВ у зібраному стані – в таблиці 4.42.

Таблиця 4.41

**Технічні параметри швейних головок**

Параметри	Модель	
	38-А	38-Д
Товщина пошиття	Десять шарів паперу з місцевими потовщеннями до 20 мм	Чотири шари мішковини з льняних, джутових і хлопчато-бумажних тканин з місцевими потовщеннями до 10 мм
Нитка	№16, бавовняна пряжа	№18, льяна
Підйом лапки, мм	12	12
Виліт рукава, мм	140	140
Габаритні розміри, мм:		
– довжина	390	380
– ширина	220	220
– висота	380	352
Маса, кг	27	25

Таблиця 4.42

**Технічні характеристики мішкозашивної машини К4-БУВ**

Продуктивність, мішків/год.	до 700
Швидкість руху стрічки транспортера, м/с	0,15 ± 0,01
Ширина стрічки транспортера, мм	400
Довжина транспортера, мм:	
– виконання 1	3400
– виконання 2	5000
Клас швейної головки	38-А;38-Д

Продовження табл. 4.42

Частота обертання головного вала, об/хв.	1500
Крок строчки, мм	6,5...11
Характер строчки	двонитковий ланцюговий
Відстань між мішками, мм	800...850
Маса мішків з продуктом, кг	до 100
Відстань від краю мішка по лінії зашивання, мм	30...40
Потужність електродвигуна, кВт	
– виконання 1	0,80
– виконання 2	1,35
Габаритні розміри, мм:	
– довжина (виконання 1/ виконання 2)	3300/ 4500
– ширина	1350
– висота	1800
Маса, кг (виконання 1/ виконання 2)	450/ 630

#### Запитання для самоперевірки

1. За якими основними ознаками класифікують лушильні машини?
2. Який тип лушильних машин застосовують для лушення гречки і проса?
3. В яких машинах луцять зерно пшениці і ячменю?
4. Від яких геометричних параметрів залежить продуктивність лушильного посаду?
5. Від яких геометричних параметрів залежить продуктивність вальцедекового верстата?
6. В яких механізованих процесах застосовують лушильні машини?
7. Яка раціональна форма зазору між робочими органами вальцедекового верстата для лушення: гречки? – проса?
8. Які способи подрібнення Ви знаєте?
9. Що називають ступенем подрібнення?
10. Які допущення вводять при визначенні енерговитрат на подрібнення?
11. Які бувають подрібнювачі зерна?

12. Які подрібнювачі застосовують для розмелювання зерна на сортове борошно?
13. Які подрібнювачі застосовують для розмелювання зерна на оббивне борошно?
14. Від яких геометричних параметрів залежить продуктивність жорнового посаду?
15. Що таке кут затягування зерна вальцями?
16. Від яких геометричних параметрів залежить продуктивність вальцювого верстата?
17. Які функції виконують борізки на робочих поверхнях дисків жорнового посаду?
18. Які функції виконують рифлі на робочих поверхнях вальців вальцювого верстата?
19. В яких переробних виробництвах використовують молоткові дробарки?
20. Який принцип роботи молоткової дробарки?
21. Для чого застосовують ентолейтори, детапери і вимелювальні машини?
22. Принцип роботи та будова шафового розсійника.
23. Які чинники впливають на траєкторію руху частинок продукту на ситі розсійника?
24. Принцип роботи та будова пневмороторного розсійника.
25. Принцип роботи та будова роторного вібраційного просіювача.
26. Принцип роботи та будова ситовійної машини.
27. Як регулюють повітряний режим в ситовійній машині?
28. Як відбувається віджимання рідини з матеріалів при пресуванні?
29. Які конструкції пресів використовують для віджимання олії?
30. Як працюють гідравлічні преси?
31. Які переваги мають гвинтові преси над гідравлічними?
32. Чим відрізняються преси-екструдери від гвинтових пресів?
33. У чому полягає фізична суть процесу фільтрування олії?
34. Що є рушійною силою фільтрування і якими способами її створюють?
35. Назвіть основні типи фільтрів для фільтрування олії.

36. З якою метою використовують фільтрувальні допоміжні речовини?
37. Які параметри визначають режими фільтрування?
38. Поясніть фізичну суть і механізм відцентрового фільтрування.
39. Поясніть будову і роботу фільтрпреса.
40. Чому товщина шару осаду у вакуум-фільтрах менша, ніж у фільтрпресів?
41. Як працюють екструдери?
42. Який принцип роботи пресів для брикетування і гранулювання?
43. Основні принципи закладені в процес дозування?
44. Якими факторами необхідно керуватись при виборі дозаторів?
45. Від яких параметрів залежить продуктивність дозатора з чарунковим барабаном?
46. Виходячи з яких умов визначають критичну частоту обертання диска тарілчастого дозатора?
47. Від яких конструктивних параметрів залежить продуктивність вібраційного дозатора?
48. Чи впливає амплітуда коливань робочої поверхні грохота на продуктивність вібраційного дозатора?
49. Для дозування яких продуктів застосовуються вагові (гравітаційні) дозатори?
50. Які працюють важільні гравітаційні дозатори з циферблатним покажчиком маси?
51. Як працюють вагові тензометричні дозатори?
52. Які особливості процесу фасування сипких продуктів?
53. Як працює пакетний формувач фасувальної машини?

## 5. КОМПЛЕКТНЕ ОБЛАДНАННЯ І ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛІНІЇ З ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА ТА ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

### 5.1. Млини і крупорушки

В останні роки на сільськогосподарських підприємствах країни збільшилась кількість переробних виробництв, серед яких значну долю 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 проектується 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. Технічна характеристика поширених млинів і комплектного обладнання крупорушок наведена в додатках А, Б.

Попитом на селі користуються вальцові 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.

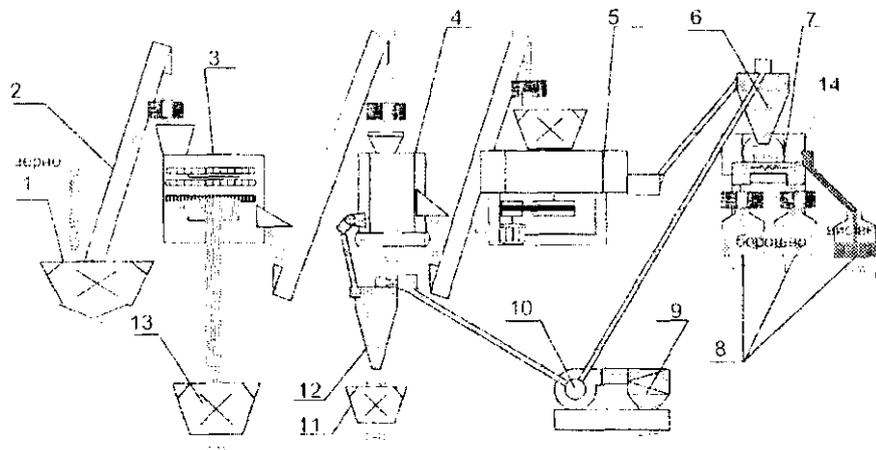
Проведене нами обстеження умов експлуатації млинів і крупорушок у господарствах Київської області показало, що, за невеликим винятком, зернопереробні лінії змонтовані в малоприсадибних для виробництва старих неопалювальних будівлях. У зв'язку з незадовільним технічним станом і недостатньою площею виробничих 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 вальцових 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 нерационально.

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. 5.1, 5.2) зерно перед розмелюванням обробляють на луцильно-шліфувальній машині 4, видаляють із зернівок частину оболонки. В результаті подрібнення обдертого зерна отримують більше борошно, з меншим вмістом клітковини.

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 і мінеральної домішки. Після сепарування очищене зерно транспортується гвинтовим транспортером у луцильно-



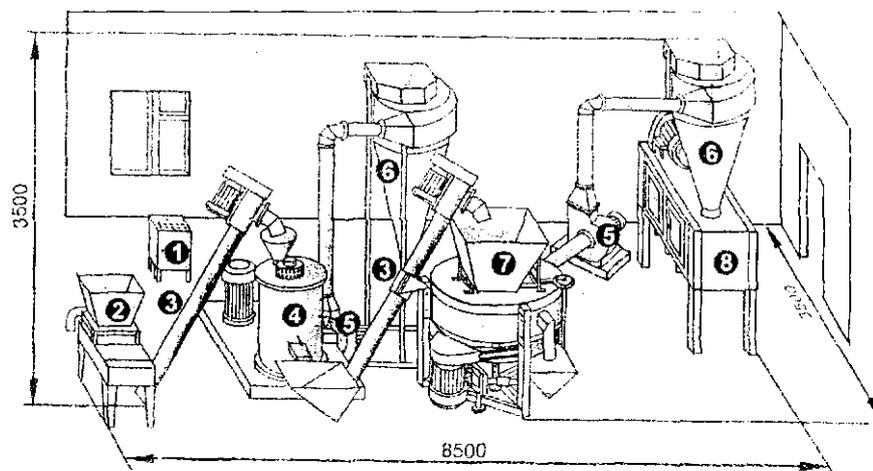
**Рис. 5.1. Функціональна схема жорнового млина:**

1 – завантажувальний бункер; 2 – транспортер; 3 – сепаратор; 4 – луцильно-шліфувальна машина; 5 – посад жорновий; 6, 12 – циклони; 7 – просіювач; 8 – тара для борошна і висівок; 9 – фільтр; 10 – вентилятор; 11, 13 – бункери для відходів; 14 – магнітний уловлювач

шліфувальну машину, в якій абразивні диски і сітчаста обичайка обдирають оболонки. Разом з борошняним пилом частинки оболонок відсмоктуються з луцильної машини вентилятором 10 пневмотранспорту. Частинки оболонок зсідають 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.



*Рис. 5.2. Жорновий млин МТ-2:*

- 1 – пульт управління; 2 – сепаратор; 3 – транспортер гвинтовий;  
 4 – лушильно-шліфувальна машина; 5 – вентилятор;  
 6 – циклон; 7 – жорновий посад; 8 – просіювач

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 (див. р. 4.6.4). Робота цих машин полягає в тому, що заповнені борошном і зважені дозатором мішки переміщують транспортером мішкозашивної машини до зашивної головки. Оператор підставляє верхню частину мішка до головки, яка прошиває мішок і далі його відвозять на склад готової продукції. Технічна характеристика жорнових млинів вітчизняного і зарубіжного виробництва наведена у додатку А.

**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

**Р6-АВМ7 та Р6-АВМ15** (додаток А). Всі вони обладнані пневмотранспортом, мають приблизно однакову кількість машин для очищення зерна сухим способом, обладнання холодного кондиціонування зерна та розмельне відділення із шести вальцьових систем вибіркового подріблення. Перелічені млини різняться конструкцією деяких машин і їх продуктивністю.

**Млин ОПМ-0,6 “Фермер”** (рис. 5.3), 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 кондиціонування – 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 системою дертя.

Процес помелу 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.

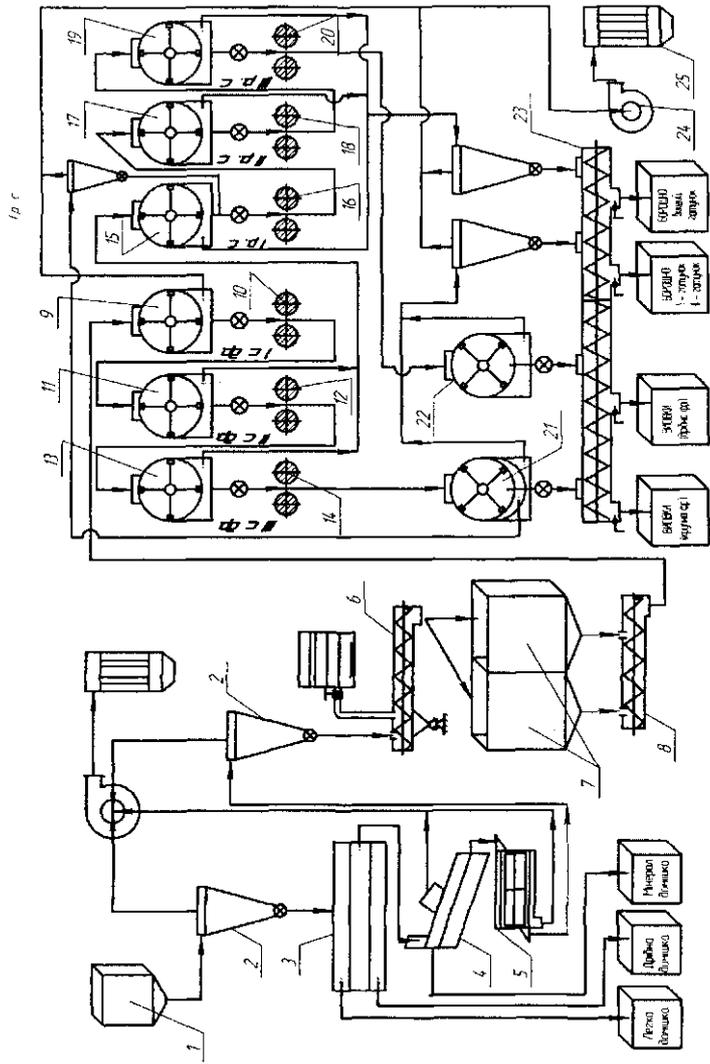


Рис. 5.3. Функціональна схема вальцюватої млини ОПМ – 0,6 «Фермер»:  
 1 – приймальний бункер; 2 – циклон; 3 – сепаратор; 4 – каміневідбирна машина; 5 – шіткова машина;  
 6 – зволожувач; 7 – бункер відволоження; 8 – гвинтовий транспортер; 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21,  
 22 – пневмоторні сепаратори; 10, 12, 14, 16, 18, 20 – вальцюві верстати; 23 – конвєр гвинтовий;  
 24 – вентилятор; 25 – фільтр

Після вилежування, 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 вальцовий верстат 10 першої системи дертя, а прохідну фракцію (пилоподібні частинки) -- відводять в аспіраційний канал шнемотранспорту.

Продукти подрібнення з вальцового верстата 10 подають на сортування у сепаратор 11 другої системи дертя. Сходову фракцію цього просіювача подають на повторне подрібнення у вальцовий верстат 12 другої системи дертя, а прохідну фракцію разом з прохідною фракцією третьої системи дертя на сепаратор 15 першої розмельної системи.

Подрібнений продукт з вальцового верстата 12 направляють на сепаратор 13 третьої системи дертя. Сходова фракція сепаратора 13 направляється на подрібнення у вальцовий верстат 13 третьої системи дертя, з якої подрібнений продукт подається на сортування у сепаратор 21. Перший прохід з цього сепаратора направляють на повторне подрібнення у вальцовий верстат 16 першої розмельної 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 розмельної системи об'єднується в купу з верхньою прохідною фракцією сепаратора 21 і поступає у вальцовий верстат 16 на повторне подрібнення. Подрібнений верстатом 16 продукт направляється на сортування у сепаратор 17 другої розмельної системи. Схід з сепаратора 17 подається на сортування у сепаратор 19 третьої розмельної системи. Із прохідних продуктів розмелених систем формують борошно вищого гатунку, яке через відцентрові розвантажувачі поступає у першу секцію транспортера 23. Схід з сепаратора 19 подається на подрібнення у верстат 20 третьої розмельної системи.

Після проходження через вальці 20 третьої розмельної 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 вальцових верстатів отримують вихід сортового борошна до 60 %. За певних умов можна відбирати до 40 відсотків борошна вищого сорту.

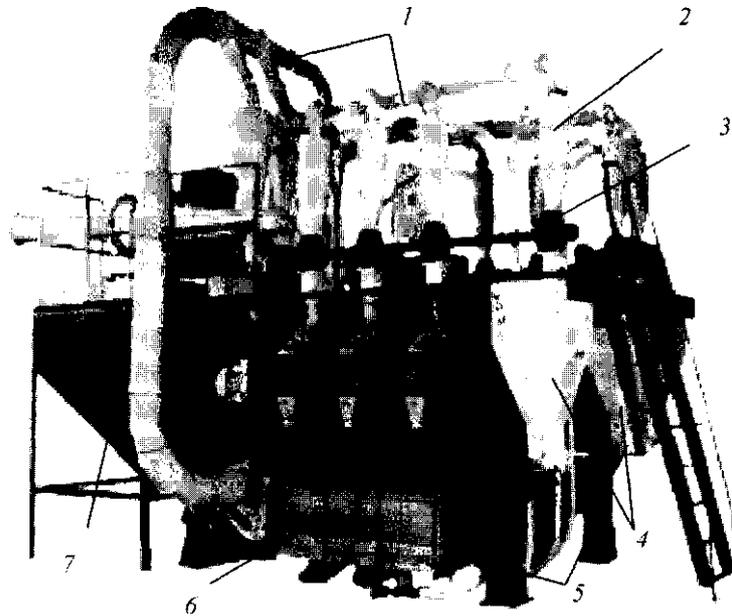
Завершальним етапом виробництва пшеничного борошна є фасування продуктів у мішки та більш мілку тару (пакети) за допомогою фасувальних автоматів або дозаторів напівавтоматичної дії з використанням мішкозахисної машини.

Агрегатні вальцові млини **Р6-АВМ-7** і **Р6-АВМ-15** призначені для переробки зерна в борошно вищого і 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. 5.4). 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. 5.5) – більш розвинута в порівнянні з млином “Фермер-06”. Зерно очищається від домішок аспіратором 2 і повітряним ситовим сепаратором 3. Трудновідділимі короткі домішки видаляються трієром 4. Поверхня зернівок очищається від бруду оббивальною машиною 5 перед холодним кондиціонуванням 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 вальцових верстатів: перші три верстати з крупнішими рифлями на вальцях відносяться до систем дертя, 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. 5.4. Зовнішній вигляд млина Р6-АВМ-7:*

1 – матеріалопровод пневмотранспортної системи; 2 – циклони розвантажувачі; 3 – шлюзові затвори; 4 – вивідні рукава; 5 – рама; 6 – пакетний розсійник; 7 – бункери відволоження зерна

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 оббивальну машину 5, де очищається від бруду на поверхні зернівок і частково від оболонок.

Після обробки зерна оббивальною машиною і холодною кондиціонування, на зерні залишаються частини надірваних оболонок. Для їх

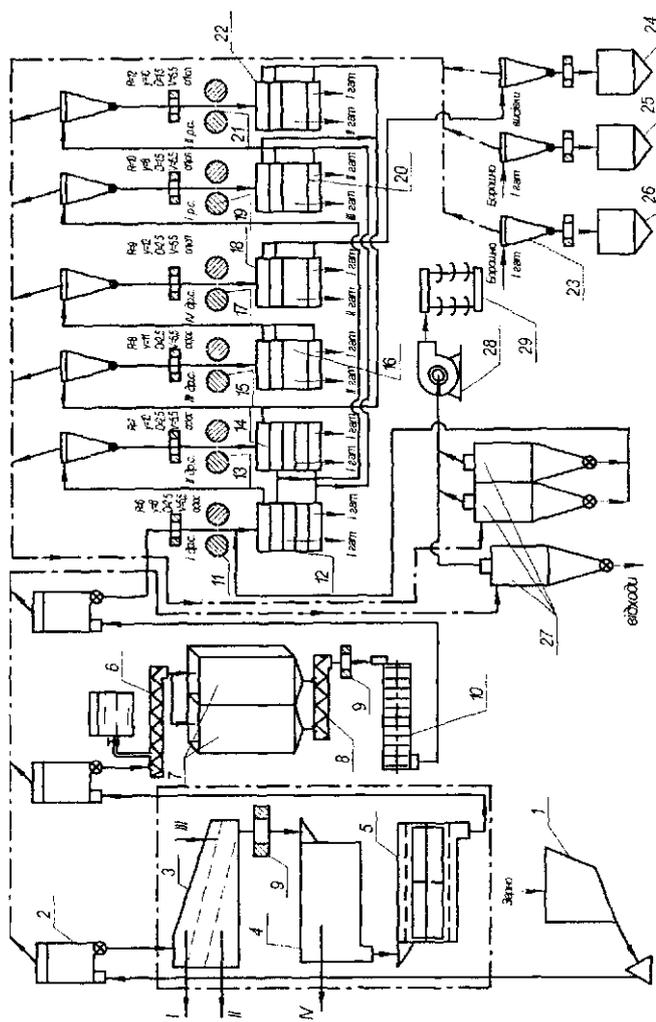


Рис. 5.5. Функціональна схема млина Р6-АВМ-7:

- 1 – бункер; 2 – аспіратор; 3 – решітний сепаратор; 4 – трієр; 5 – оббивальна машина; 6 – зволожувач; 7 – бункери відволоження; 8 – гвинтовий транспортер; 9 – магнітний сепаратор; 10 – шіткова машина; 11, 13, 15, 17, 19, 21 – вальцові 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

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 системи дертя. Продукти подрібнення транспортують на секцію розсійника 12, звідки верхні сходи після магнітного сепаратора подають на вальцьовий верстат 13 другої системи дертя. За перший прохід відокремлюють борошно першого сорту, продукти ж другого проходу з розсійника транспортують на вальцьовий верстат 19 першої розмелювальної системи.

З другої системи дертя продукт надходить на секцію 14 розсійника, де верхні сходи об'єднують і подають після магнітного сепаратора на вальцьовий верстат 15 третьої системи дертя. 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 гатунків, верхній схід повертають на подрібнення у вальцьовий верстат 15 другої системи дертя, 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 гатунків. Всі три сходи секції 22 розсійника направляють на подрібнення у третю систему дертя.

Заміною сит розсійника, відповідним підбором режимів підготовки зерна й роботи вальцьових верстатів реалізують декілька схем помелів зерна на борошно, в тому числі високосортний помел з виходом борошна вищого гатунку 48...50 % при загальному виході борошна 72 %.

Млини "Харків'янка" призначені для отримання борошна вищого і першого гатунків 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 кондиціонування зерна з повторним зволоженням 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.

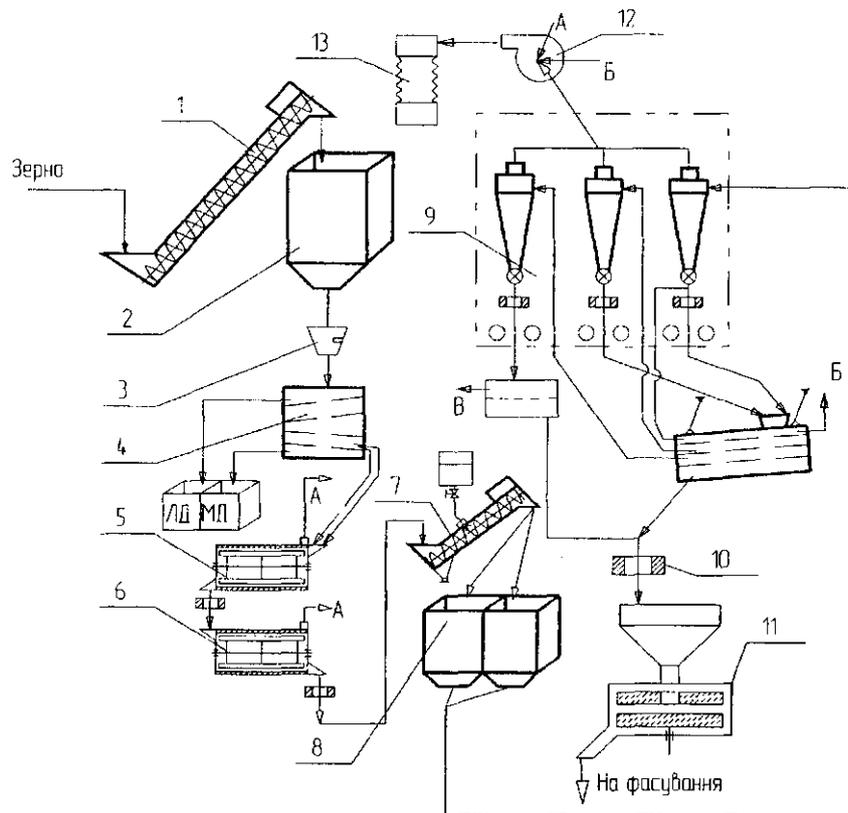
Переваги млинів “Харків’янка” такі: високий ступінь очищення зерна; діапазон продуктивності від 10 до 500 тонн зерна за добу; вихід борошна вищого ґатунку до 65% при загальному виході до 75...78 %; повністю автоматизований процес переробки зерна; спеціальна обробка вальців, що дозволяє підвищити якість 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 в борошновози; лінією грануляції висівок тощо.

**Вальцьово-жорнові млини** (рис. 5.6) 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 кондиціонування зерна 7, 8. Розмельне відділення млина складається з трьох вальцьових системи дертя 9 для попереднього вибіркового подрібнення зерна з вилученням з нього основної маси висівок і жорновий посад 10 для остаточного розмелювання прохідних продуктів системи дертя в сортове борошно. Основні переваги цього млина над вальцьовими – проста і більш дешева конструкція розмельного відділення.

**Крупорушка АПК 300 М** (рис. 5.7) – агрегатного виконання, призначена для переробки гречки і проса на крупу ядрицю непропарену і пшоно нешліфоване. Технічні можливості її дозволяють використовувати для калібрування зерна сільськогосподарських культур, очищення зерна від домішок, подрібнення зерна на дерть.

Крупорушка складається із звареної з кутників рами, на якій змонтовані завантажувальний бункер 1, ковшові норії 2, 8, нижній 3 та



**Рис. 5.6. Вальцово-жорновий млин:**

1 – гвинтовий транспортер; 2 – бункер приймальний; 3 – дозатор;  
 4 – повтряно-ситовий сепаратор; 5, 6 – оббивальні машини; 7 – гвинтовий  
 зволожувач; 8 – бункери відволожування; 9 – модуль з трьох вальцових  
 верстатів; 10 – магнітні колонки; 11 – жорновий посад; 12 – вентилятор  
 пневмотранспорту; 13 – фільтр; А, Б – аспіраційні відноси; В – висівки;  
 ЛД – легка домішка; МД – мінеральна домішка

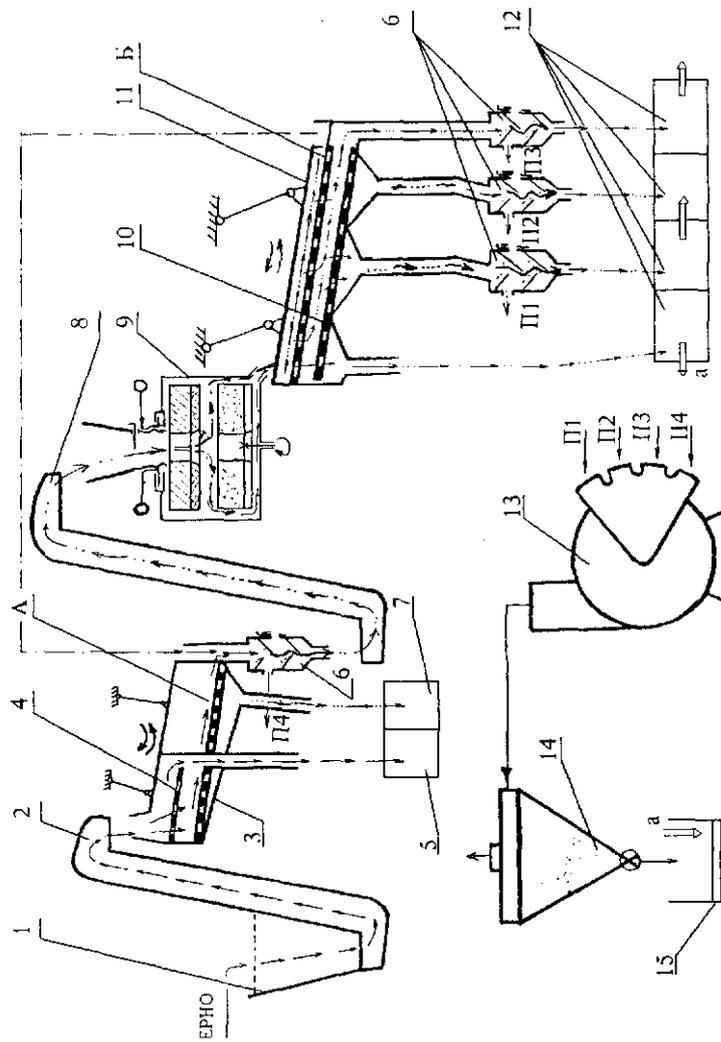


Рис. 5.7. Функціональна схема крупорушки АПК-300 М:

1 – бункер; 2, 8 – норії; 3 – нижній ситовий стан; 4 – відсівне сито; А, Б – сита сортувальні змінні; 5 – мішок для відходів; 6 – колонки аспираційні; 7 – мішок для зерна; 9 – лущильний посад; 10 – верхній ситовий стан;

11 – комбіноване сито; 12 – мішки для крупів; 13 – вентилятор; 14 – цилон; 15 – бункер для лузги

верхній 10 ситові стани, лушительний посад 9, аспіраційні колонки 6 та вентилятор 13.

Принцип роботи лушительного посаду ґрунтується на дії сил стискування і тертя зерна між двома робочими поверхнями рухомого і нерухомого дисків. Зерно між дисками подається в один шар, де воно стискується і в результаті дії сил тертя – ковзання відбувається сколювання квіткових плівок. Вихід цілого ядра суттєво залежить від величини деформації зерна  $\Delta$

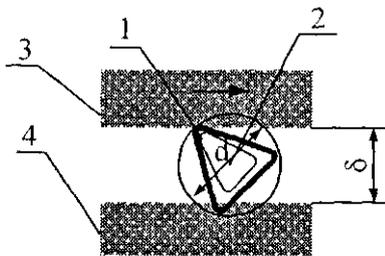


Рис. 5.8. Схема взаємодії зернівки з робочими дисками

$$\Delta = d - \delta,$$

де:  $\delta$  – зазор між робочими дисками,  $d$  – діаметр зернівки (рис. 5.8).

У випадках коли діаметр зернівки менший від величини зазору між дисками, зернівка не деформується (не лушиться), коли він не в міру більший, то часто руйнується не тільки оболонка, а й ядро, що супроводить до зменшення виходу крупи-ядриці. Нормативний вихід ядриці забезпечують попереднім сортуванням зерна на шість фракцій за розмірами нижнім решітним станом 3 і відповідним регулюванням величини зазору між дисками для кожної фракції зокрема.

Крупорушка працює так. Зерно засипають в приймальний бункер 1, звідси воно під власною вагою опускається по лотках в нижню кришку живильника норії 2, захоплюється її ковшами і висипається на віброуючий лоток нижнього решітного стану, який складається з каркаса і розміщеними в ньому одне над одним двох решіт 4 і "А". На верхньому ситі 4 відбувається відділення зерна від крупної домішки, а на нижньому ситі "А" – розділення зерна на дві фракції. Основна фракція (крупне зерно) сходить із сита "А" і по вібролотку скочується в норію 8, якою транспортується у бункер лушительної машини 9. Зерно з бункера самопливом просипається на нижній диск лушительної машини, що обертається, і дією відцентрових сил розкидається в проміжок між дисками, там зерно лушиться. Лушене зерно надходить на сортувальне решето "Б" верхнього двоярусного стану 10. Із сита "Б" сходить нелу-

щене зерно з лузгою, яке лотком подається в аспіраційну колонку, очищається в ній від лузги і лотком подається в норію 8, об'єднується з свіжим зерном і транспортується на повторне лушення в машину 9.

Крупа-ядриця, проділ і борошенце розділяються на комбінованому ситі 11 нижнього ярусу. Крупа та проділ очищаються від лузги аспіраційними колонками 6, які з'єднані повітряними трубами з вентилятором 13. Борошенце і очищені від лузги крупа і проділ висипаються в закріплені на рамках аспіраційних колонок мішки 12. З вентилятора лузга виноситься пневмоматеріалопроводом в циклон 14, де вона відділяється від повітря і звідтіля вивантажується в бункер 15.

Після кожного пропуску зерна через агрегат, накопичене за попередній пропуск зерно в бункері 7 пересипають в бункер 1 і цикл роботи повторюють (роблять не більше шести циклів обробки зерна однієї партії).

Пуск і технологічні регулювання крупорушки виконують в такій послідовності. Перед початком роботи заповнюють приймальний бункер 1 зерном, вологість якого не повинна перевищувати 11 %, встановлюють зазор  $\Delta = 5 \dots 6$  мм між дисками за допомогою гвинтового механізму посадки. Кут нахилу сит відносно горизонту регулюють в межах  $3 \dots 7^\circ$  довжиною шарнірних підвісок ситових станів. Після послідовного включення на холостому ході луцильної машини, вентилятора, норій, відкривають заслінки завантажувального бункера 1 і бункера луцильного посаду 9. В процесі роботи з вихідного лотка луцильного посаду 9 беруть наважку лушеного зерна і згідно з стандартизованою методикою визначають його гранулометричний склад. При великій кількості борошенця, січки збільшують зазор між дисками. Регулюють луцильний посад до тих пір, поки в складі лушеного зерна буде не більше 15 % січки (проділу) при загальному коефіцієнті лушення не меншому 35 %. Проводять регулювання заслінок аспіраційних колонок 6 так, щоб на виході із вентилятора була лише лузга (верхнє положення ручки відповідає відкритій заслінці). Чим більше відкриті заслінки, тим менше виноситься подрібнене ядро у відходи.

Для підвищення економічних показників із шести крупорушок АПК-300 М, модуля ГТО, пневмотранспорту та фасувальної машини складають лінію (рис. 5.9). У такий спосіб збільшують продуктивність

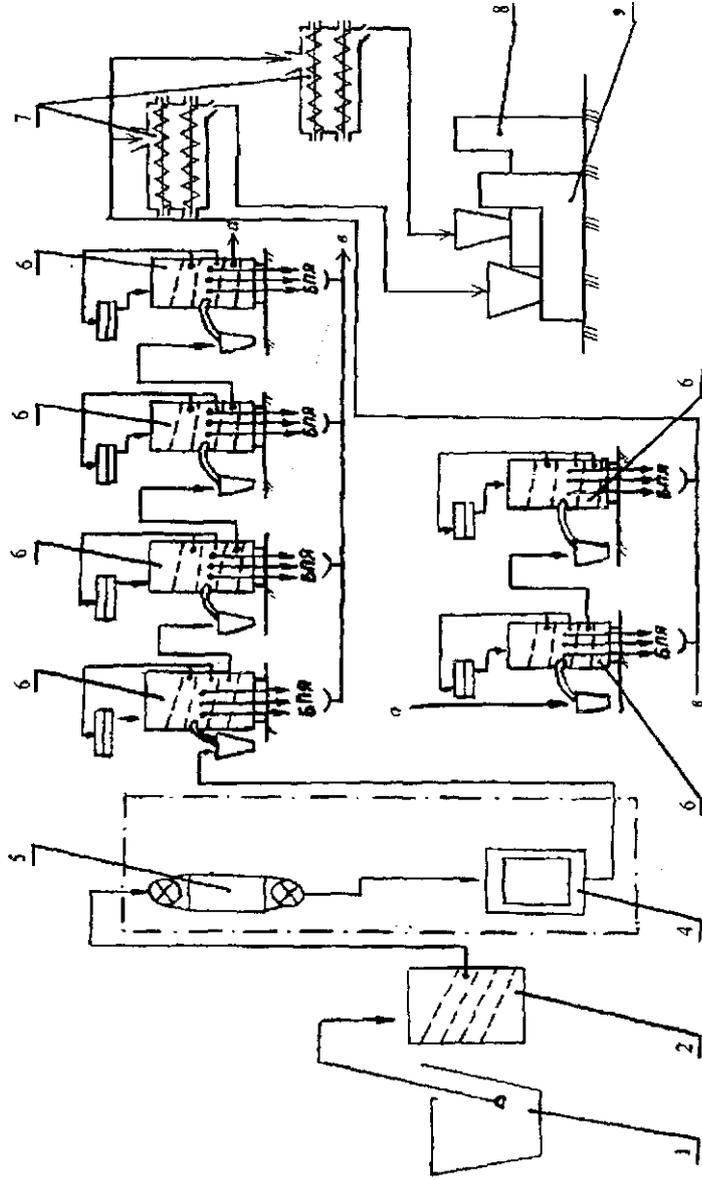


Рис. 5.9. Лінія з переробки гречки і проса модульної будови:  
 1 – приймальний бункер; 2 – модуль очищення зерна; 4, 5 – модуль гідротермічної обробки;  
 6 – крупушки АПК-300 М; 8, 9 – фасувальні машини

крупорушки приблизно на 40 %, зменшують витрати живої праці в 4,5 рази на перестановку сит, регулювання луцильних машин і на транспортні операції в порівнянні з роботою однієї машини.

**Крупорушку з удоскопаленим процесом гідротермічної обробки зерна** (рис. 5.10) застосовують для виготовлення гречаної крупи і пілона. Вона складається з приймального бункера 1, гвинтового транспортера 2, сепаратора зерна 4, пневмотранспорту 5, пропарювача 6 із впускним та випускним механізмами, пневмовібраційної сушарки 7, теплообмінників 8,9, зерносортувальної машини 12, вальцедеккових верстатів 15, решітної крупосортувальної машини 17, аспіраційних колонок 18, машини для фасування крупи та іншого обладнання. Застосування теплообмінника 9 для утилізації відпрацьованого тепла дає змогу зменшити енергомісткість технологічного процесу.

Вироблення крупи здійснюється в такій послідовності. З приймального бункера 1 зерно гвинтовим транспортером подається в бункер-накопичувач, зважується автоматичною вагою 3 і самопливом поступає до сепаратора зерна, де очищається від домішок. Очищене зерно пневмотранспортом 5 завантажується в пропарювач 6, до якого потім подають насичену водяну пару під тиском (0,25...0,30) МПа. Після витримки зерна в пропарювачі (5...7 хв.) його направляють до сушарки 7. Решітною сортувальною машиною 12 висушене зерно розділяється на 4...6 фракції, які накопичуються у бункерах 13. Після вилежування і охолодження зерно пофракційно лущать верстатами 15. Продукти лущення розділяються крупосортувальною машиною 16 і аспіраційними колонами 18. Нелущене зерно (схід верхнього сита крупосортувальної машини) подається в бункери 13 на повторне лущення.

Під час експлуатації агрегата треба дотримуватись режимів: початкова вологість зерна – 13,5 %, а після зволоження – не більше 22 %; відлежування зерна після зволоження – не більше 7 хв.; температура сушильного агента – не більше 90 °С.



## 5.2. 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. 5.11. та 5.12) з відповідним обладнанням. Одним із важливих завдань комбікормового виробництва є виготовлення кормів для молодняка, до яких висуваються особливі вимоги.

Комбікорми для молодняка мусять бути звільнені від квіткових плівок і оболонки. Тому зерно лущать перед подрібненням на молотковій дробарці в лінії показаній на рисунку 5.11.

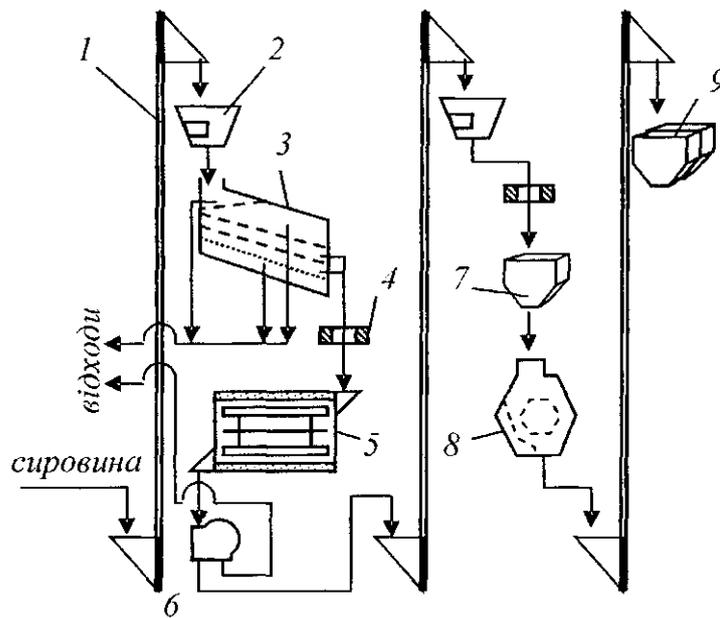


Рис. 5.11. Схема підготовки зерна плівчастих культур до переробки на комбікорм:

- 1 – норія; 2 – автоматичні ваги; 3 – сепаратор; 4 – магнітний уловлювач;  
5 – луцильна машина; 6 – повітряний сепаратор; 7 – накопичувальний бункер; 8 – молоткова дробарка; 9 – наддозаторний бункер

Зерно зі складу норією 1 надходить до автоматичної ваги 2, зважується, очищається на сепараторі 3 від домішок. Очищене зерно через магнітний сепаратор надходить до луцильної машини 5, луциться. Лушене 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. 5.12) включає розподільниці, бункери з датчиками рівня зерна, дробарку з циклоном, луцильну машину, норію, 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 зміювиками, в яких циркулює олива. Місткість робочої ємності агрегата – 0,5 тонн зерна.

Тривалість циклу обжарювання – 100 хв. (завантаження – 30, піджарювання – 65, вивантаження – 5 хв.). Для підвищення ефективності піджарювання зерна, застосовують додатково агрегат для гідротермічної обробки зерна АСК-5 (див. розділ 4.3). Порядок роботи лінії такий. Зерно із бункера подається на сепаратор 8, потім на луцильну машину 7. Лушене зерно норією 9 подається у пневмоспаратор 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. Охоложене зерно гвинтовим транспортером 15 подають на подрібнення в дробарку 6. Подрібнене зерно пневмотранспортом направляють у відвантажувальний гвинтовий транспортер

*Лінія теплової обробки фуражного зерна* (рис. 5.13) входить до складу комбікормового комплексу ОЦК-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.

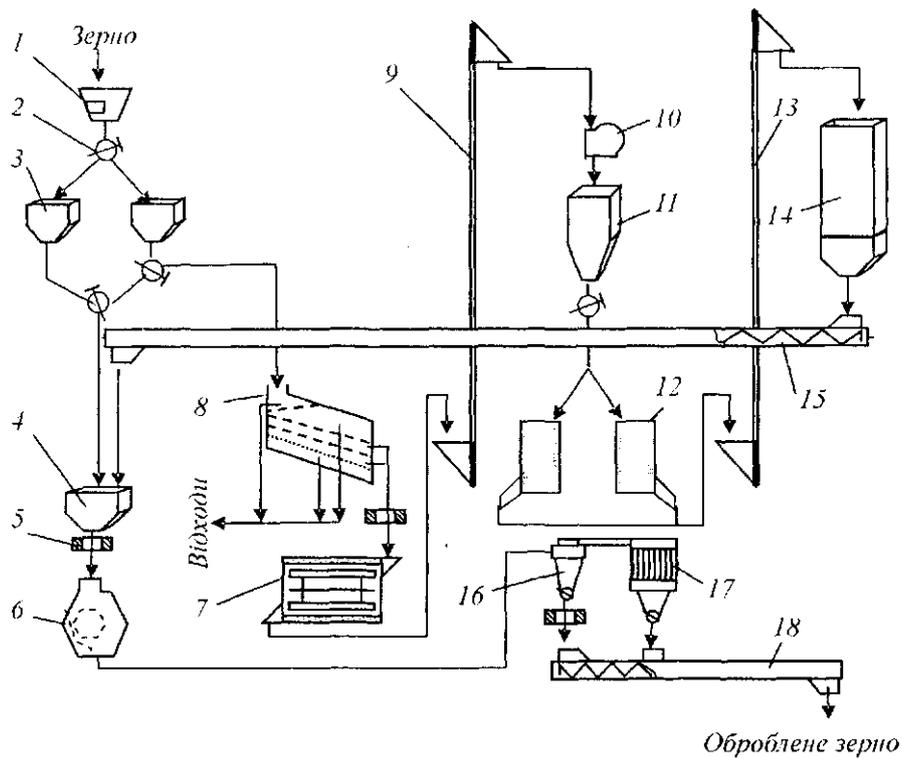


Рис. 5.12. Лінія піджарювання ячменю:

- 1 – автоматичні ваги; 2 – розподільники; 2 – автоматичні ваги;  
 3, 4, 11, 14 – бункери; 5 – магнітний уловлювач; 6 – молоткова дробарка;  
 7 – луцильна машина; 8 – сепаратор; повітряний сепаратор; 9, 13 – норія;  
 10 – пневмосепаратор; 12 – обжарювальний агрегат; 15 – розподільний  
 гвинтовий транспортер; 16 – циклон; 17 – фільтр; 18 – відвантажувальний  
 гвинтовий транспортер

ІЧ-установка це теплоізолюваний корпус 7 з горизонтальним скребковим транспортером, шлюзовим затвором-дозатором і розміщеними над транспортером лампами 8.

Зерно обробляється ІЧ-проміннями під час підсушування, деструктивних перетвореннях і досушуванні. Кращими режимами вважають

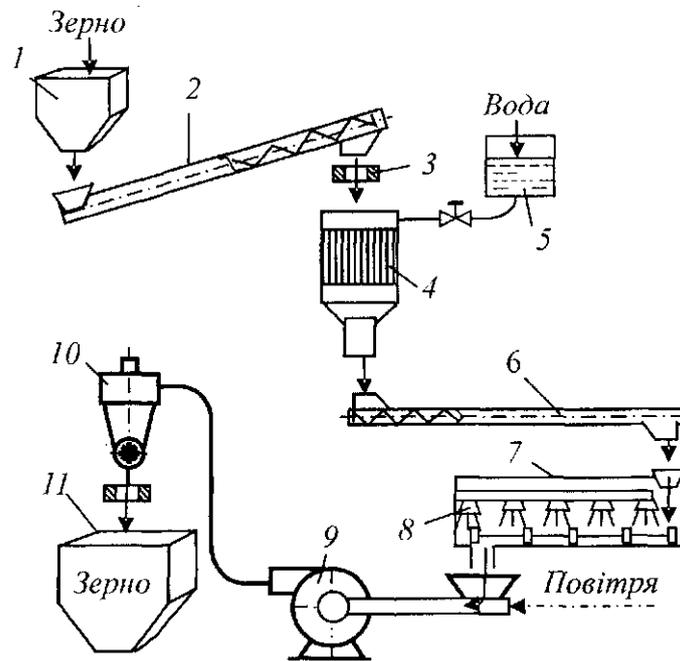
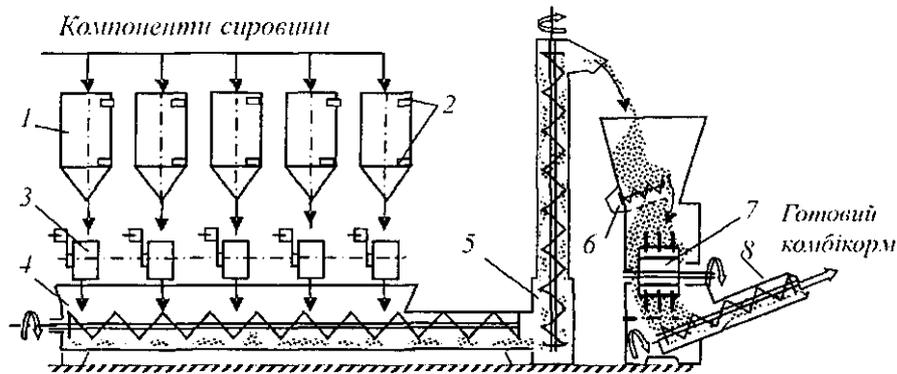


Рис. 5.13. Лінія гідротермічної обробки фуражного зерна:  
 1 – бункер; 2, 6 – гвинтові транспортери; 3 – магнітний уловлювач;  
 4 – зволожувач; 5 – бак з водою; 7 – установка для інфрачервоного  
 опромінювання зерна; 8 – лампи; 9 – вентилятор пневмотранспорту;  
 10 – циклон; 11 – бункер для обробленого зерна

такі: вологість зерна – 20 %, щільність опромінювання – 32 кВт/м<sup>2</sup>, термін обробки – 1,5 хв., температура нагрівання зерна – 182 °С. Обробка зерна ІЧ-променями значно покращує засвоюваність кормів.

**Комбікормові установки.** На невеликих тваринних фермах для виготовлення комбікормів використовують малогабаритні комбікормові агрегати, на крупних – комбікормові комплекси більшої потужності (додаток В).

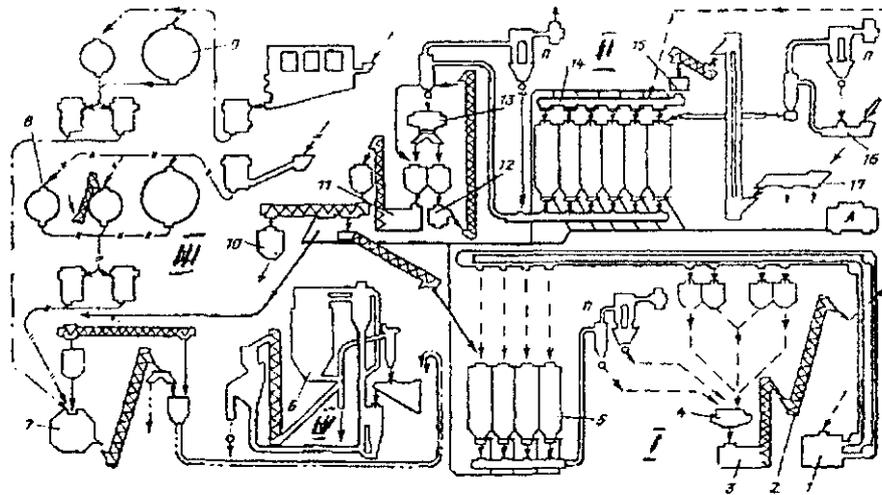
**Малогабаритний комбікормовий агрегат УМК-Ф-2** (рис. 5.14) складається із секційного бункера 1 для компонентів сировини, датчиків верхнього і нижнього рівнів 2, дозаторів 3, гвинтових змішувачів 4,



**Рис. 5.14. Технологічна схема малогабаритної установки УМК-Ф-2:**  
 1 – секційний бункер; 2 – датчики верхнього і нижнього рівнів; 3 – дозатор;  
 4 – змішування кормів; 5 – датчик лічильника циклів; 6 – молоткова дробарка;  
 6 – камера дробарки; 7 – молотковий ротор; 8 – кільцеве решето;  
 9, 10 – розвантажувальні гвинтові транспортери

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.

**Технологічна лінія комбікормового цеху комплекс ОКЦ-4** для виготовлення кормових сумішей більшої продуктивності зображено на рисунку 5.15. 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 зерноsumішей та БВД промислового або місцевого виготовлення. Він включає чотири блока: блок виготовлення БВД (I), розмельно-змішувальний (II), блок виготовлення рідких добавок (III) і блок гранулювання (IV) із системою додаткового устаткування. При роботі цеху із використанням готових БВД, вони із сховища надходять до вібросепаратора 17. Після сепарування норією і гвинтовим конвеєром БВД їх подають через магнітну колонку 15 в бункер 14. В такій же



**Рис. 5.15. Технологічна лінія комбікормового цеху ОКЦ-4:**

- 1 – приймальний бункер преміксів і мінеральних добавок з тросово-шайбовим транспортом; 2 – конвеєр; 3 – порційний змішувач БВД; 4, 13 – автоматичні ваги; 5 – блок бункерів компонентів БВД; 6 – гранулятор; 7, 8 – лінія підготовки і дозування рідких добавок; 9 – лінія приймання і підготовки жиру; 10 – розвантажувальний конвеєр з накопичувальним бункером; 11 – порційний змішувач; 12 – зернодробарка; 14 – блок бункерів; 15 – норія; 16 – завантажувальний пристрій пневмотранспорту; 17 – вібросепаратор зерна

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, переміщується і гвинтовим конвеєром направляється в накопичувальний бункер 10 або в лінію дозування рідких компонентів 7 (жир, меляса) і далі на гранулювання.

### 5.3. Комплектне обладнання для виготовлення олії

У сільськогосподарському виробництві застосовується механічний спосіб пресування олії гвинтовими та гідравлічними пресами з попередньою обробкою насіння і спосіб пресування олії безпосередньо з насіння прес-екструдерами. Технологія пресування олії з попередньою підготовкою насіння включає операції обрушування (луцення) очищеного насіння, розділення продуктів луцення (рушанки) на олійновміщуючу суміш (ядро ціле, дроблене, частково або повністю необрушене насіння тощо) і лузу, подрібнення олійновміщуючої фракції на м'ятку, волого-теплову обробку (жаріння) м'ятки, пресування олії з піджареної м'ятки (м'язги) та очищення олії від домішок способом відстоювання і фільтрації. Найбільш поширені в сільському господарстві цехи (олійниці) з гідравлічними пресами (рис. 5.16), пресами-екструдерами (рис. 5.17) та гвинтовими пресами (рис. 5.18), їх технічна характеристика наведена в додатку Г.

**Олійниця з гідравлічним пресом** (рис. 5.16) складається з насіннерушального агрегата 3, вальцьового верстата 6, жаровні 8, гідравлічного преса 11, рамного фільтрпреса 15 та іншого допоміжного обладнання. Переробка насіння на олію відбувається так. Очищене від домішок насіння засипають в живильний бункер 1 і гвинтовим транспортером 2 подають в приймальний бункер насіннерушки 3.

В насіннерушці оболонки насіння руйнуються в результаті ударів насіння об робочі органи (била, диску). З луцильної машини обрушене насіння (рушанка), що складається з цілого і битого ядра, необрушеного і неповністю обрушеного насіння, олійного пилу та лузги, поступає на грохот повітряно-ситового сепаратора. З верхнього сита сепаратора лузга всмоктується приймальним пристроєм пневмотранспорту і транспортується в сховище лузги або в топку жаровні 8.

Технологічну ефективність роботи насіннерушального агрегата оцінюють коефіцієнтом цілісності ядра, вмістом в обрушеному насінні цілого насіння, вмістом лузги в очищеному ядрі та виносом ядра в лузгу. За технічними умовами на агрегат допускаються такі показники: очищена рушанка мусить вміщати не більше 5 % необрушеного насіння, лузги – не більше 14 %, подрібненого ядра – не більше 24 %. Винос ядра в лузгу має бути не більшим 0,5 % від загальної маси лузги.

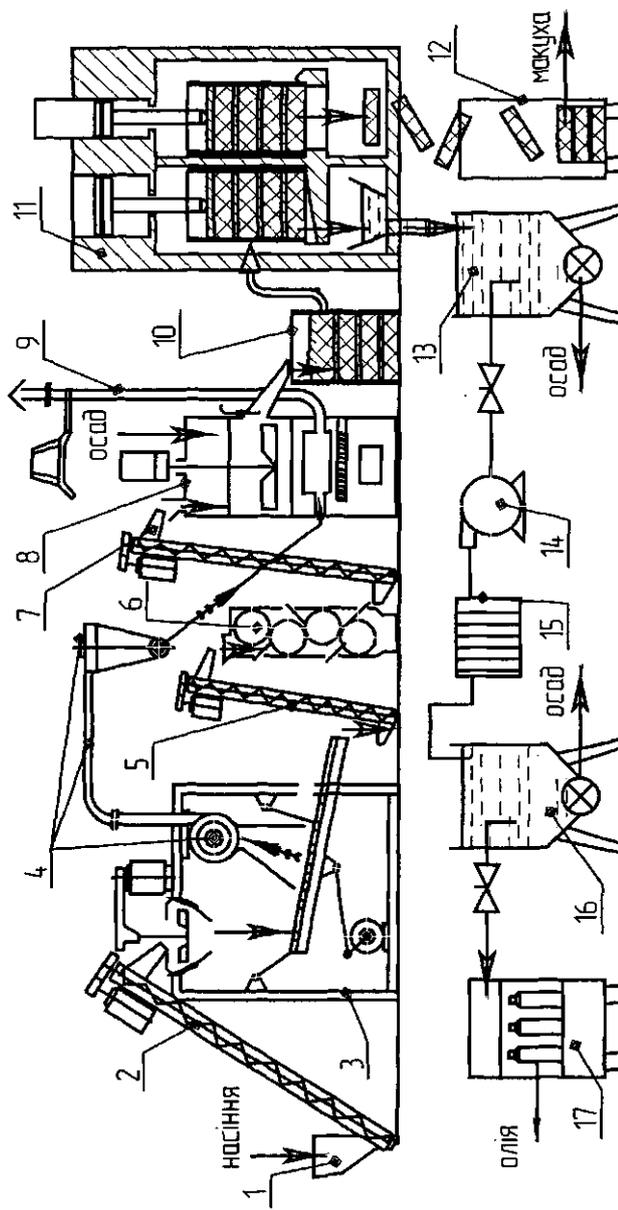
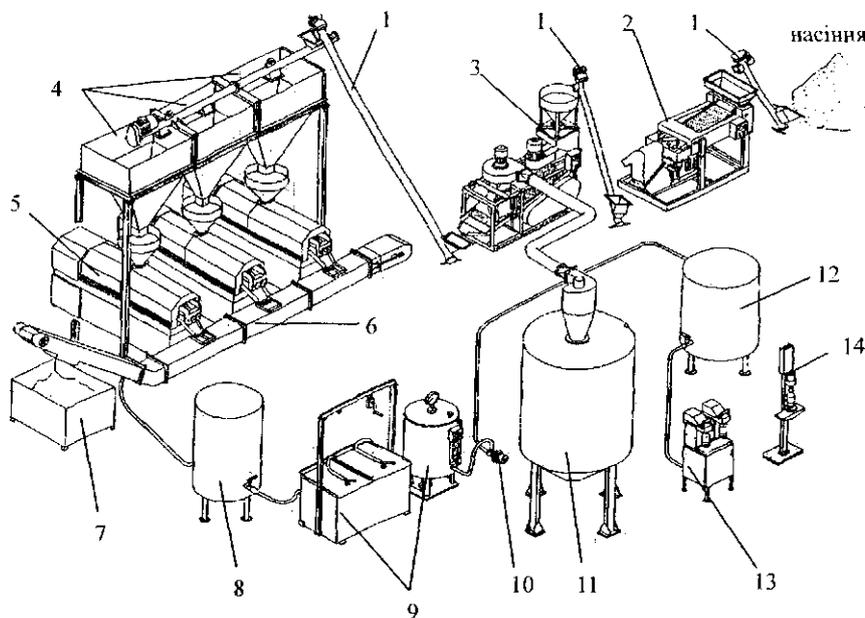


Рис.5.16. Функціональна схема виготовлення нерафінованої олії комплексним обладнанням:

- 1 – приймальний бункер; 2, 5, 7 – гвинтовий транспортер; 3 – насіннєрунний агрегат;
- 4 – пневмотранспорт лузги; 6 – вальцовий верстат; 8 – блочна жаровня; 9 – лимова труба;
- 10 – стула преса; 11 – гідрвалічний прес; 12 – бункер макухи; 13 – бункер макухи; 14 – насос;
- 15 – фільтр-прес; 16 – баки товарної олії; 17 – автомат розливу олії



**Рис. 5.17. Лінія пресування олії прес-екструдерами:**

- 1 – гвинтовий транспортер; 2 – модуль очищення насіння;  
 3 – насіннерушійний агрегат; 4 – проміжні бункери; 5 – прес-екструдери;  
 6 – скребковий транспортер; 7 – бункер для макухи; 8, 12 – баки для олії;  
 9 – фільтр вакуумний; 10 – насос; 11 – бункер для лузги;  
 13, 14 – напівавтомати для розливу олії закупорювання

Наведені показники якості обрушування насіння і сепарації рушанки досягають регулюванням швидкості обертання ротора луцильної машини, параметрів повітряного потоку в зоні відсмоктування лузги, кінематичними параметрами грохота, а також за рахунок організації луцильно-сортувального процесу з відбором і повторним лушенням необрушеного насіння.

Транспортером 5 очищене від лузги ядро подають у вальцьовий верстат 6, де воно подрібнюється. Від верстата подрібнену масу (м'ятку) транспортером 7, порціями завантажують у жаровню 8. В топці жаровні підтримують вогонь рівномірним задуванням повітря з

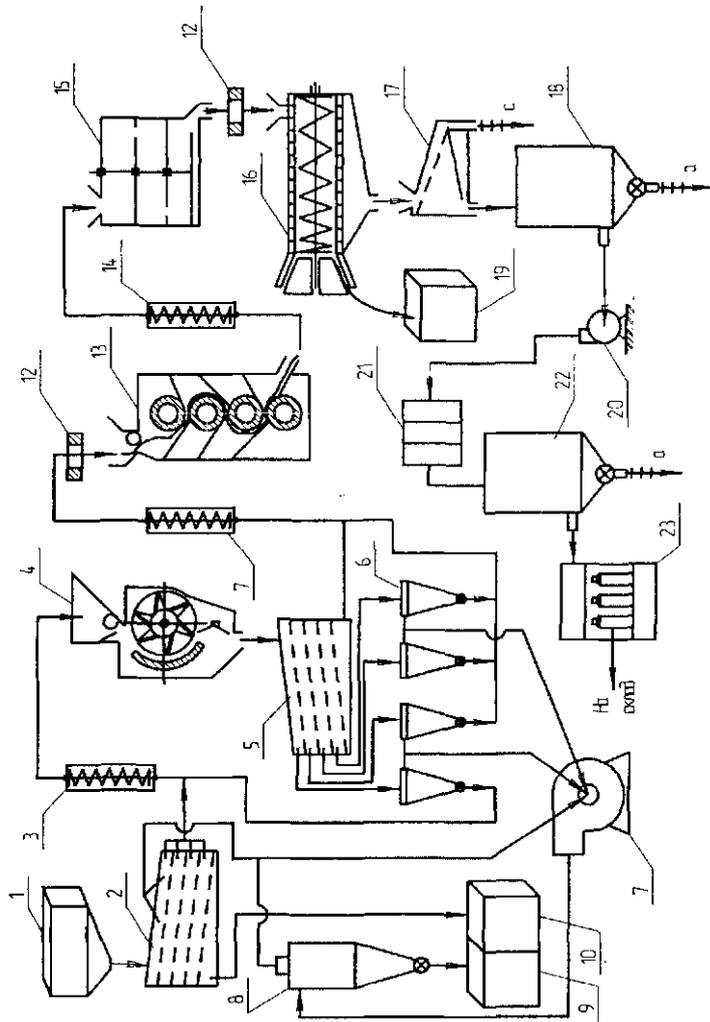


Рис. 5. 18. Функціональна схема лінії виготовлення олії з безперервним віджимом:  
 1 – приймальний бункер; 2 – сепаратор; 3, 11, 14 – гвинтові транспортери; 4 – насіннерушка; 5 – ситовий сепаратор; 6 – аспіраційні колонки; 7 – вентилятор; 8 – циклон; 9, 10 – бункери для відходів; 12 – магнітний сепаратор; 13 – вальцовий верстат; 15 – парова жаровня; 16 – прес шнековий; 17 – вібросто; 18, 22 – баки для відстоювання олії; 20 – насос; 21 – фільтр-прес; 23 – автомат розливу олії

лузгою. В добре прогріту жаровню подають воду з розрахунку 1,5 % води від маси м'ятки. М'ятка безперервно перемішується мішалкою жаровні, пропарюється. Дія тепла і води послаблює внутрішні сили, що утримують жир в клітинах м'ятки. Процес пропарювання триває 2...3 хв. при температурі м'ятки 90...100 °С, при цьому збільшується вологість м'ятки від 6...8 до 14...16 %. Під час подальшого нагрівання, температура м'ятки підвищується до 110...120 °С, волога з неї випаровується, м'ятка підсушується. Процес сушіння роблять 35...40 хв. при температурі 110...120 °С до кінцевої вологості робочої маси 4...6 %. Гогову м'язгу моментально завантажують в ступу 10 (зерний кошик) преса, і віджимають олію. Одночасно з процесом віджимання олії гарячою м'язгою завантажують чергову ступу преса. Слідкують за тим, щоб завантажена ступа не захолола.

Після віджимання олії, ступу з макухою переміщують в позицію преса з гідравлічним циліндром-виштовхувачем, яким виштовхують макуху з зерного циліндра ступи. Звільнену від макухи ступу подають на позицію завантаження. Віджата олія стікає у збірник преса, а з нього відкачується насосом у бак-накопичувач 13 і подається у гарячому стані у фільтрпрес 13, де очищається від домішок. Відфільтрована олія з фільтр-преса відводиться у бак-відстійник 14, в якому вона додатково очищується відстоюванням. Тривалість відстоювання 6...9 діб. Бак 16 періодично очищають від осаду. Відібраний осад разом з черговою порцією м'ятки виливають в жаровню для повторної обробки. Товарна олія розливається в бочки або пляшки і відправляється на реалізацію.

**Лінія пресування олії прес-екструдерами** (рис. 5.17) модульного типу, безперервної дії призначена для переробки насіння ріпаку, соняшника та інших олійних культур на харчову і технічну олію для біопалива.

Вона складається з модуля очищення насіння 2, насіннерушального агрегата 3, трьох прес-екструдерів 5, вакуумного фільтра 9, напівавтоматів для розливу олії і закупорювання пляшок та іншого допоміжного обладнання.

*Модуль очищення насіння* складається з ситового СС-3 і пневматичного СП-1 сепараторів. Кожний сепаратор може працювати самостійно. Конструктивно ситовий сепаратор виконаний у вигляді модуля,

який можна встановлювати на будь-яку раму і використовувати в поєднанні з іншим устаткуванням, наприклад, з пневматичним сепаратором, насіннерушкою тощо.

*Насіннерушільний агрегат 3* призначений для очищення насіння соняшника від плодової оболонки – лузги і відділення смітних домішок і лузги від ядра. Він складається з насіннерушки ударної дії і сепаратора **К-Б-01-00** для відділення лузги від ядра. Агрегат комплектується більною або дисковою відцентровою насіннерушкою. Коефіцієнт лущення (обрушення) насіння лежить у межах 55–65 %, це дає можливість отримати раціональні реологічні властивості сировинної маси для віджимання олії прес-екструдером і значно підвищити вихід олії, знизити енергомісткість процесу, зменшити знос робочих органів преса.

Пресування олії здійснюють трьома прес-екструдерами **ЕК 75/1200**, які працюють паралельно, а очищення олії від домішок – вакуумним фільтром “Скіф-2” або рамним прес-фільтром та відстоюванням у баках. Розлив олії в пляшки здійснюють напівавтоматом **ПР-2** з дозатором вагового типу. Величину дози можна плавно регулювати оператором у межах 500–2000 мл. Закупорюють пляшки пластиковими різьбовими пробками напівавтоматом **ПУ-02**, який підключають до насосної станції. Оператор обслуговує два напівавтомати. Тара встановлюється на позицію наливання і переставляється на позицію закупорювання вручну. На ділянці розливу і закупорювання олії можна застосовувати стрічковий транспортер і маніпулятор для автоматичної установки пляшок на позиції дозування та розливу.

**Лінія безперервної дії з гвинтовим пресом** (рис. 5.18) модульної будови призначена для переробки насіння ріпаку, соняшника та інших олійних культур на харчову олію. Може бути укомплектована більною або відцентровою насіннерушкою, каскадною або паровою жаровнею.

Для сепарації рушанки в лініях цього типу застосовують відсмоктування лузги у пневмотранспортну систему як у лінії на рис. 5.16 або ситову повітряну віялку, в якій рушанка сортується ситами за розмірами частинок, після чого кожна фракція провівається окремо в аспіраційних каналах. Застосування ситовийного процесу зменшує втрати олії у виробництві, підвищує якість олії і макухи.

Лінії, що укомплектовані паровою жаровнею, мають такі переваги: відсутнє пригорання олії, м'язга не перегрівається; параметри процесу волого-теплової обробки в кожному чані жаровні можна змінювати незалежно один від одного.

#### **Запитання для самоперевірки**

1. Які бувають млини?
2. Загальна характеристика млинів.
3. Для чого лушать зерно на жорновому млині?
4. Технологічна схема сортування проміжних продуктів на млині "Фермер-0,6".
5. Технологічна схема сортування проміжних продуктів на млині "Р6-АВМ7".
6. Технологічна схема переробки гречки на крупу.
7. Технологічні регулювання крупорушки АПК-300М.
8. Основні технологічні лінії виготовлення сухих комбікормів.
9. Технологічна схема комбікормового агрегата.
10. Функціональна схема лінії виготовлення олії прес-екструдерами.
11. Функціональна схема лінії виготовлення олії з пресуванням гідравлічними і гвинтовими пресами.
12. Функціональна схема очищення олії.

## ДОДАТКИ

Таблиця А

## Технічна характеристика млинів

Назва, марка млина	Продуктивність, кг/год.	Встановлена потужність, електропривода, кВт	Питома енергосмієсть, (кВт. год.)/т	Маса, кг	Металосмієсть, т-год./т	Габаритні розміри, мм, або площа для розміщення, м <sup>2</sup>	Обслуговуючий персонал, чол.	Підприємство-виробник
Млин борошно-мельний вальцовий "Харків'янка", типорозміри:								
"Харків'янка-400"	350-400	50	125	4000	11,4	34	2	
"Харків'янка-800"	700-800	71	95	7000	9,3	66	2	АТ "Укртанкіпром", м. Харків
"Харків'янка-1200"	1000-1200	84	76,4	8000	7	80	2	
"Харків'янка-2000"	2000	134	67	10000	5	105	3-4	
Агрегат борошномельний вальцовий НО-3545	600	49	82	5000	8,3	54	2	
Млин ОПМ-0,6 "Фермер"	600	45	75	8000	13,3	94	2	АТ завод "Автоштамп" м. Олександрія, Кіровоградської обл.
Агрегатний вальц. млин Р6-АВМ-7	250-300	27,3	94	6000	22,0	25	2	Могилів-Подільський завод харчового машинобудування, Вінницька обл.
Борошномельний комплекс "Super A" типорозміри:								

Продовження табл. А

Назва, марка млина	Продуктивність, кг/год.	Встановлена потужність, електропривода, кВт	Питома енергосмікність (кВт. год.)/т	Маса, кг	Металосмікність, т-год./т	Габаритні розміри, мм, або площа для розміщення, м <sup>2</sup>	Об'єм, куб. метр	Підприємство-виробник
СТ-1000	1000	50	50	12000	12,0	28,2	2	Голландсько-турецька фірма "ANA GROUP"
SC-1500	1500	102	68	23000	15,3	41,4	3	
SC-2100	2100	132	63	28000	13,3	55,2	4	
SC-3000	3000	168,5	56	36000	12,0	68,7	5	
SC-4500	4500	212,3	47	44000	9,8	147	6	
Млин в контейнерному виконанні	200-400	42	105	-	-	36	2	
Агрегат жорновий для переробки зернових культур на крупи, та модель НО-6280	200-250	40,1	160	5300	21,2	18,6	2	АТ Укроргверстатін-пром, м. Харків
Постав жорновий ПЖ 5/4 890	400	7,5	19	2900	7,25	5	2	Підприємство "Ківагроماش"
Млин жорновий		17				13	2	Дослідний експериментальний механічний завод, м. Київ
Млин жорновий УМ-150	150	12,5	83	-	-	5	2	Підприємство "МЕТА ЛТД" м. Київ

Продовження табл. А

Назва, марка млина	Продуктивність, кг/год.	Встановлена потужність електродвигуна, кВт	Питома енергосмість, (кВт. год./т)	Маса, кг	Металосмість, т-год./т	Габаритні розміри, мм, або площа для розміщення, м <sup>2</sup>	Об'єм службового персоналу, чол.	Підприємство-виробник
Борошномельний комплекс МК-500	400	40	100	--	--	50	2	Виробниче комерційне підприємство "Білд", м. Дніпропетровськ
Борошномельно-крупаційний цех	400-500	47,5	100	--	--	40	2	
Борошномельна установка FRD-500	500	41	82	--	--	32,5		Фірма SKJOLD Saeudy "A/S", Данія
Мінімальні жорновий фірми "GREEN GmbH" типорозміри:								
A 500	50-70	3	50	250	4,2			Фірма GREEN GmbH, Австралія
A700	70-100	5,5	60	700	8,2			
A1000	100-170	7,5	60	1000	8,2			
A1200	140-250	11,2	65	1400	8,2			
Млин жорновий МТ-1	350	24	68,6	--	--	15-20	2	Фірма "Технік"Ю, м. Київ
Борошномельний комплекс МКП-600	500-700	48,2	69	--	--	60	2	Фірма "Краков" LTD, м. Київ
Борошномельний комплекс з жорновим млином	200-350	43,6	125	--	--	35	1-2	Фірма "Краков" LTD, м. Київ

Закінчення табл. А

Назва, марка млина	Продуктивність, кг/год.	Встановлена потужність, електропривода, кВт	Питома енергоемкість, (кВт. год.)/т	Маса, кг	Металоемкість, т-год./т	Габаритні розміри, мм, або площа перерізу для розміщення, м <sup>2</sup>	Об'єм службового персоналу, чел.	Підприємство-виробник
Комплекс борошномельний МКМ-1000	700–750	31,6	45	8000	10,6	30	3	АО "Бежецький дослідно-експериментальний з-д", м. Бежецьк, Росія
Борошномельний комплекс	150	16	167	160	10,7	15	1	Науково-виробниче підприємство "Новотехніка" м. Київ
Машина для розмелу зерна	60	1,5	25	50	0,83	370 300 650	1	Київський державний з-д автотехніки ім. Петровського
Борошномельний комплекс К24-112 (без очистки зерна)	1000	26,4	26,4	4600	4,6	3500 4250 5300	–	Хмельницьке ВО "Термопластавтомат" м. Хмельницьк

Таблиця Б

## Технічна характеристика крупорушок

Найменування і призначення обладнання	Марка	Вихід крупи	Продуктивність, т/год.	Встановлена потужність, кВт	Маса, т	Габаритні розміри, м, або площа для розміщення, м <sup>2</sup>	Обслуговуючий персонал, чол.	Підприємство-виробник
Агрегат жорновий для переробки зернових культур на крупи і борошно в складі:			0,25	40	5,3	4,9*3,8*4,0	2	ЗАТ "Інститут Укрстанкін-пром", м. Харків
агрегат підготовки зерна								
жорновий посад								
блок фільтрів								
пневмотранспортна система								
Лінія для виробництва круп із зернових і проса в складі:	Харків ян-ка-500К		0,5	54	10	8,9*3,55*4,1	2	ЗАТ "Інститут Укрстанкін-пром", м. Харків
бункер приймальний								
модуль очистки зерна								
модуль ГТО								
модуль луцильний								
агрегат для проса								
установка вальцова								
модуль сортувальний								
пневмотранспортна система								
аспіратори, фільтри								

Продовження табл. Б

Найменування і призначення обладнання	Марка	Вихід крупи	Продуктивність, т/год.	Встановлена потужність, кВт	Маса, т	Габаритні розміри, м, або площа для розміщення, м <sup>2</sup>	Обслуговуючий персонал, чел.	Підприємство-виробник
Лінія для виробництва круп із зернових	КОПКЗК-2ДП		0,40	30,00	3,1		2	
бункер приймальний						7,94*3,47*4,2		АТ "Бриг", м. Первомайськ
лушпильна машина ЗШН						36,00		
установка вальцова пневмотранспорт								
аспіратори, фільтри								
Лінія для виготовлення круп із зернових в складі:	ЛПК - 1,0		0,40	27,00	2,50		2	Концерн "ЛАН", ЗАО завод "Автоштамп", м. Олександрія
бункер приймальний						7,6*2,6*3,0		
лушпильна машина ЗШН								
установка вальцова								
просівач								
пневмотранспорт								
Комплекс для виготовлення ішеничної, ячмінної, горохової та кукурудзяної круп в складі:			0,35...0,70	45,00		7,2*9,0*4,5	3	НПФ "БІД", м. Дніпропетровськ
бункер приймальний								
сепаратор зерна								

Продовження табл. Б

Найменування і призначення обладнання	Марка	Вихід крупи	Продуктивність, т/год.	Встановлена потужність, кВт	Маса, т	Габаритні розміри, м, або площа для розміщення, м <sup>2</sup>	Обслуговуючий персонал, чел.	Підприємство-виробник
циклон								
вентилятор								
дурильна машина ЗШН;								
жорновий посад								
розсіювач								
Лінія гідротермічної обробки і лушення гречки НО.5911, НО.5911М в складі:	ЛПГ-130	60%	130	45				ЗАТ "Інститут Укрстанкін-пром", м. Харків
бункер завантажувальний								
розсів								
агрегат гідротермічний								
луцильна установка								
сушарка								
пневмотранспортна система								
Лінія гідротермічної обробки і лушення гречки НО.5911, НО.5911М в складі:	ЛПГ-200	60%	200	66				ЗАТ "Інститут Укрстанкін-пром", м. Харків
Розсіювач								
агрегат гідротермічний								
луцильна установка								

Продовження табл. Б

Найменування і призначення обладнання	Марка	Вихід крупи	Продуктивність, т/год.	Встановлена потужність, кВт	Маса, т	Габаритні розміри, м, або площа для розміщення, м²	Обслуговуючий персонал, чол.	Підприємство-виробник
сушарка								
Лінія для виробництва круп із гречки і проса в складі: бункер приймальний	Харків'янка-500КГ	67%	0,5	50	22	11,2*8*7,4	4	ЗАТ "Інститут Укрстанкін-пром", м. Харків
модуль очистки зерна								
модуль ГТО								
модуль лушпильний								
агрегат для проса								
модуль сортувальний								
пневмотранспортна система								
аспіратори, фільтри								
Лінія для виробництва гречаної крупи в складі: бункер приймальний	Бриг-01	65%	160	50		34		АТ "Бриг", м. Первомайськ
сортувальна машина	СС-1М		240					
пропарювач	ПР-1М (разове завантаження-40 кг)		160					
сушарка								

Продовження табл. Б

Найменування і призначення обладнання	Марка	Вихід крупи	Продуктивність, т/год.	Встановлена потужність, кВт	Маса, т	Габаритні розміри, м, або площа для розміщення, м <sup>2</sup>	Обслуговуючий персонал, чел.	Підприємство-виробник
лушпильна машина	СЦ-1М		240					
сушарка шпхтна	ЗШ-400		160	21				
пневмотранспорт	ПТ-400		400					
аспіратори, фільтри								
парогенератор	ПГ-1М							
Лінія для виробництва гребаної крупи в складі: бункер приймальний	Бриг-02	0,65	240	60		36		АТ "Бриг", м. Первомайськ
сортувальна машина	СС-1М		240					
пропарювач	ПР-80 (раніше завантаження - 80 кг)		240					
сушарка								
лушпильна машина	СЦ-1М		240					
сушарка шпхтна	ЗШ-400		160					
пневмотранспорт	ПТ-400		400					
аспіратори, фільтри								
парогенератор	ПГ-1М/ 150							

Закінчення табл. Б

Найменування і призначення обладнання	Марка	Вихід крупи	Продуктивність, т/год.	Встановлена потужність, кВт	Маса, т	Габаритні розміри, м, або площа для розміщення, м <sup>2</sup>	Обслуговуючий персонал, чол.	Підприємство-виробник
Круп'яний завод переробки гречки в складі:	Бриг - КЗК-2	67%	1,00	130	50	300		АТ "Бриг", м. Первомайськ
модуль підготовки зерна								
модуль сортувально-лушильний								
модуль для сушіння і фасування готової продукції								
Комплект обладнання для переробки зерна гречки і проса (без пропарювання) в складі:	КОНІГ-1М	56%	240	12	1,4	19		АТ "Бриг", м. Первомайськ
бункер приймальний								
сортувальна машина	СС-1М							
лушильна машина	СШ-1М			5,5				
ліневоотрапорт	ПТ-400							
аспіратори, фільтри								
Агрегат для переробки гречки і проса								
Агрегат для переробки гречки і проса	АПК-300М	56 %	0,10	6,30	0,75	2,55*1,81*2,5	1	ОАО "Томак", м. Київ

Таблиця В

## Технічна характеристика комбікормових установок

Найменування і призначення обладнання	Марка	Склад	Продуктивність, т/год.	Встановлена потужність, кВт	Габаритні розміри (довж. * ширина * висота), м	Обслуговуючий персонал, осіб	Маса, т	Виробник обладнання
Лінія комбікормів	ЛК-5	Змішувач; живильник; дробарка; пневмотранспорт	1,00			1		ЗАТ "Інститут Українскінпром"
Комбікормова установка	МКУ-0,5		0,50	25,00	1,8*1,6*2,3	1	0,5	ОАО "Новоград-Волинський-госпмаш"
Агрегат комбікормовий ма-логабаритний	АКМ-1	Змішувач; живильник; дробарка; пневмотранспорт	1,00	25,00	3,54*3,55*3,10	1		"СТАЛКОМ" Україна
Агрегат комбікормовий ма-логабаритний	АКМ-0,5	Змішувач; живильник; дробарка; пневмотранспорт	0,50	20,00	3,54*3,07*3,10	1		"СТАЛКОМ" Україна
Змішувач горизонтальний періодичної дії	ХСКК-05		0,375	2,2				Хорольський механічний завод, Полтавська обл.
	ХСКК-0,2		1,5	4				
Агрегат	АРС-Х400	Змішувач; живильник; дробарка; пневмотранспорт	1,00	5,50	1,55*0,555*2,3	1,00		Хорольський механічний завод, Полтавська обл.

Таблиця Г  
Технічна характеристика комплектного обладнання для виготовлення олії

Назва, марка	Продуктивність, кг/год.	Залишок олії в макусі, %	Потужність електрообладнання, кВт/год.	Кількість обслуг. персоналу, осіб.	Габаритні розміри, м або необхідна площа виробн. приміщень, м <sup>2</sup>	Завод виробник обладнання
1. Комплект обладнання для виготовлення соняшникової олії КПМ-450: - лущильно-сортувальний агрегат - 1 - вальцовий верстат - 1 - блок жаровень - 2 - шнековий прес - 1 - насосна станція - 1 - фільтр-прес - 1 - шнековий транспортер - 2 - ємкості для насіння, олії - 3	450	7-8	29	2	17x5,7x4,5 (не більше 80 м <sup>2</sup> )	ВО "Умань-фермаш"
2. Лінія для виготовлення олії з олійних культур (соняшника, ріпака, льону)	300	7	19	2	Не більше 80 м <sup>2</sup>	Фірма "Амаско" м. Бердичів
3. Комплект обладнання для виготовлення олії з гідравлічним пресом: - насіннерушка - вальцовий верстат - блок жаровень - гідравлічний прес	185	10-12	14	2	Не більше 60 м <sup>2</sup>	АТ "Інститут УКРАГВЕР- СТАТІПРОМ" м. Харків
4. Прес-екструдер ЕК-75/1200	175	12-16	13	1	1,00x2,62x0,94	НВО "Екструдер" м. Харків

Продовження табл. Г

Назва, марка	Продуктивність, кг/год.	Залишок олії в макусі, %	Потужність електрообладнання, кВт/год.	Кіл-ть обслуг. персоналу, осіб.	Габаритні розміри, м або необхідна площа виробн. приміщення, м <sup>2</sup>	Завод виробник обладнання
5. Прес-екструдер	110-1500	15-20	10,5	1	2,4x1,2x0,7	ПВП "АРИС" м. Харків
6. Прес-екструдер Л5-ПШ	10	12-16	1,1	1	0,56x0,53x0,41	ВО "Темі" м. Черкаси

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Богомолов О. В., Гурський П. В., Богомолова В. П.* Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств. Навчальний посібник. – Х.: Еспада, 2005. – 432 с.
2. *Камінський В. Д., Бабіч М. Б.* Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції. Навчальний посібник для вузів. – Одеса: Аспект, 2000. – 460 с.
3. *Машини та обладнання переробних виробництв / За редакцією проф. О. В. Дацишина.* – К.: Вища освіта, 2005. – 159 с.
4. *Обладнання підприємств харчової та переробної промисловості / І. С. Гулий, М. М. Пушанко, Л. О. Орлов та ін.* – Вінниця: Нова Книга, 2001. – 576 с.
5. *Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / За редакцією проф. І. Ф. Анежика.* – К.: НУХТ, 2003. – 400 с.
6. *СОУ73.1-37-413:2006 Енергоощадність. Методика визначення енергомісткості сільськогосподарської продукції під час її зберігання та перероблення.*
7. *Гинзбург М. Е.* Технология крупяного производства. – М.: Колос, 1981. – 208 с.
8. *Егоров Г. А., Мельников Е. М., Журавлев В. Ф.* Технология и оборудование мукомольно-крупяного и комбикормового производства. – М.: Колос, 1979. – 368 с.
9. *Завражнов А. И., Николаев Д. И.* Механизация производства и хранения комбикормов. – М.: ВО «Агропромиздат», 1974. – 336 с.
10. *Кожуховский И. Е.* Зерноочистительные машины. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.
11. *Масликов В. А.* Технологическое оборудование производства растительных масел. – М.: Пищ. пром-сть, 1974. – 220 с.
12. *Машины и аппараты пищевых производств / С. Т. Антипов, И. Т. Крестов, А. Н. Остриков и др.: В 2 кн.* – М.: Высшая шк., 2001. – Кн. 1. – 703 с.; Кн. 2. – 680 с.
13. *Соколов А. Я.* Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств. Учебное пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1969. – 637 с.
14. *Соколов А. Я.* Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. – М.: Колос, 1967. – 488 с.



Навчальне видання

Дацишин Олександр Володимирович  
Ткачук Анатолій Іванович  
Гвоздєв Олександр Вікторович  
Ялпачик Федір Юхимович  
Гвоздєв Віктор Олександрович

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ  
ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ТА ОЛІЙНИХ  
ВИРОБНИЦТВ**

навчальний посібник для студентів  
вищих навчальних закладів

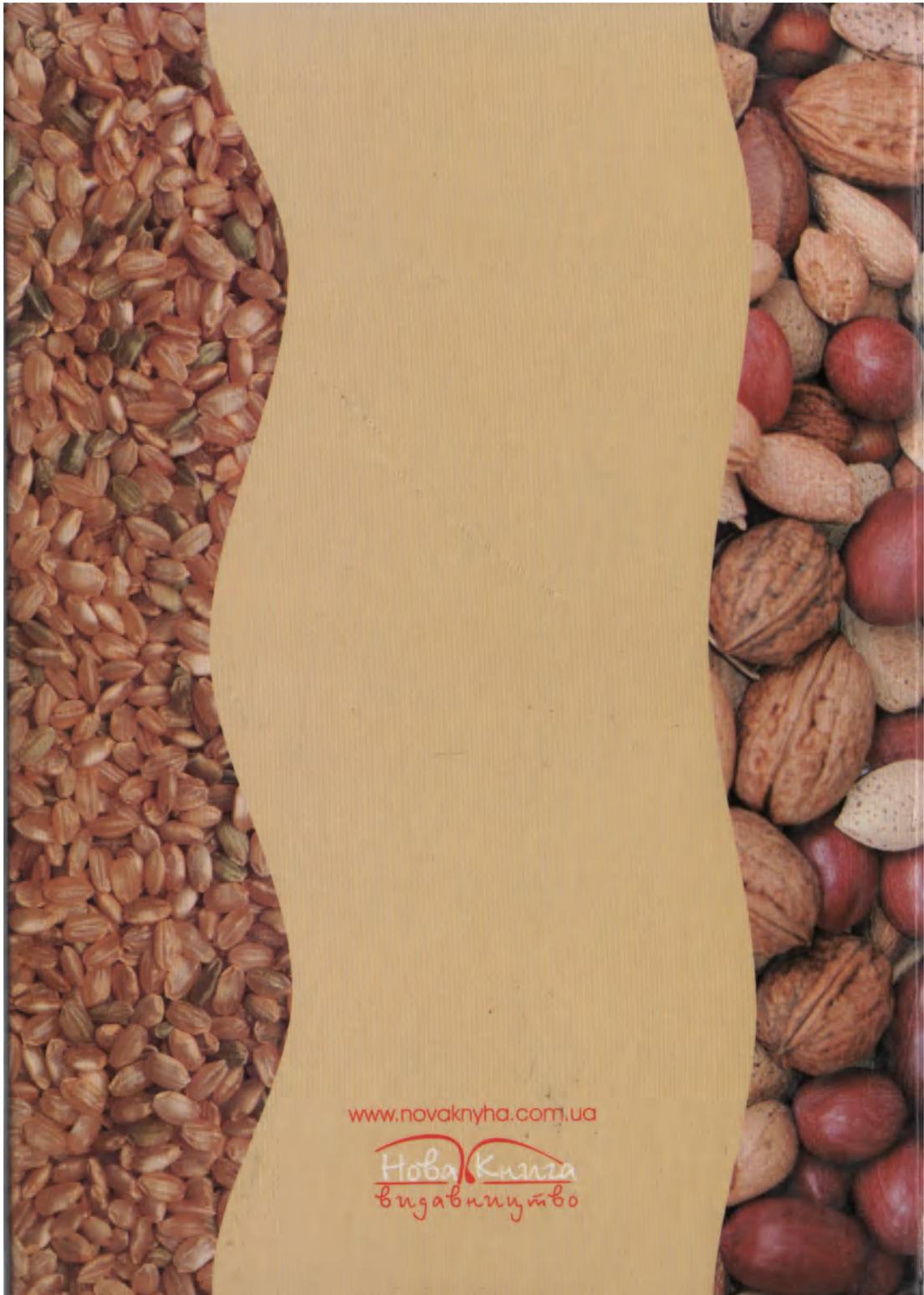
Редактор *Л. В. Кузьмич*  
Коректор *Ж. С. Швець*  
Комп'ютерна верстка: *Г. А. Пешков*

Підписано до друку 26.09.08. Гарнітура Times New Roman.  
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 26.1. Наклад 2000 прим.

ПП «Нова Книга»  
21100, м. Вінниця, вул. Квятека, 20  
Свідоцтво про внесення до державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 2646 від 11.10.2006 р.  
Тел./факс (0432) 52-34-81, 52-34-80, 52-34-82  
E-mail: [info@novaknyha.com.ua](mailto:info@novaknyha.com.ua)  
[www.novaknyha.com.ua](http://www.novaknyha.com.ua)

Віддруковано з готових діапозитивів на ПП «Коло»  
82100, Львівська область, м. Дрогобич, вул. Бориславська, 8  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 498 від 20.06.2001 р.  
Тел.: (03244) 2-90-60, 3-87-32, e-mail: [kolo@isp-lviv.net](mailto:kolo@isp-lviv.net)

d



[www.novaknyha.com.ua](http://www.novaknyha.com.ua)

Нова Книга  
видавництва