

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра виноградарства  
та плодощовівництва

І. Д. Дудяк

## ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА

курс лекцій для студентів факультету агротехнологій 5-го і 6-го курсів денної  
форми навчання з спеціальності 8.09010101 «Агрономія»

**Миколаїв**

**2014**

УДК 664.7

ББК 36. 823.0

Д 81

Автор: І. Д. Дудяк

Рекомендовано до друку за рішенням вченої ради Миколаївського національного аграрного університету від \_\_\_\_\_ 20\_\_ р., протокол № \_\_.

Рецензенти:

О. М. Дробітько – кандидат с.-г. наук, голова правління ФГ «Олена» Братського району Миколаївської області;

О. А. Коваленко – кандидат с.-г. наук, завідувач кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет.

Дудяк І. Д.

К38 Технологія переробки і зберігання продукції рослинництва : курс лекцій / І. Д. Дудяк. – Миколаїв : МНАУ, 2014. – 148 с.

Конспект лекцій призначений для студентів факультету агротехнологій 5-го та 6-го курсів денної форми навчання з спеціальності 8.09010101 «Агрономія», розкрито теоретичний курс викладання навчальної дисципліни «Технологія переробки зерна».

УДК 664.7

ББК 36.823.0

© Миколаївський національний аграрний університет, 2014

© Дудяк І. Д., 2014

## ЗМІСТ

Анотація дисципліни	5
Структурно-логічна схема дисципліни	6
Лекція 1. Зерно – основна сировина для виробництва борошна	6
Лекція 2. Характеристика і технологічні властивості зерна, види помелів і асортимент борошна	12
Лекція 3. Очистка зерна від домішок	19
Лекція 4. Підготовка зерна до розмелу	27
Лекція 5, 6. Розмелювання зерна	35
Лекція 7. Структура і характеристика технологій очистки і підготовки зерна до помелів	50
Лекція 8, 9. Структура і характеристика технологій розмелу зерна	59
Лекція 10. Круп'яна сировина і підготовка зерна до переробки	75
Лекція 11,13. Технологічні процеси виробництва крупи	85
Лекція 13, 14. Переробка зерна круп'яних культур в крупу і круп'яні продукти	96
Лекція 15. Сировина для виробництва комбікормів і їх асортимент	111
Лекція 16. Технологічні процеси виробництва комбікормів	120
Лекція 17. Виробництво комбікормової продукції	130
Перелік рекомендованих літературних джерел та законодавчо-нормативних актів	147

## АНОТАЦІЯ ДИСЦИПЛІНИ

«Технологія переробки зерна» одна з основних дисциплін спеціалізації, що викладається на 5 та 6 курсах денної форми навчання студентів агрономічного факультету спеціальності 8.09010101 “Агрономія” освітньо-кваліфікаційного рівня “Магістр” кваліфікації 2213.1 “Агроном-дослідник”.

**Метою** дисципліни є надання майбутнім спеціалістам агрономічного профілю спеціалізації "Технологія переробки і зберігання продукції рослинництва" необхідних знань із переробки зерна.

### **Основні завдання:**

- вивчити основні способи виробництва борошна;
- оволодіти основами способами виробництва крупів;
- засвоїти основні способи виробництва комбікормів;
- підготувати спеціалістів сільськогосподарського виробництва, які володіють знаннями технології переробки зерна.

**Обсяг** дисципліни складає 198 годин або 5,5 кредиту, в тому числі 34 – лекційних, 58 – лабораторних і 106 годин – самостійних занять.

## СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ЗДИСЦИПЛІНИ

У відповідності з навчальним планом спеціальності 8.09010101 – "Агрономія" дисципліна "Технологія переробки зерна" вивчається на 5-му та 6-му курсах студентами освітньо-кваліфікаційного рівня "Магістр" денної форми навчання.

Всього на дисципліну по денній формі навчання відведено 198 годин або 5,5 кредиту, в тому числі – 92 годин аудиторних, з них 34 – лекційних, 58 – практичних і 106 годин – самостійних занять (табл. 1).

Таблиця 1

Структура дисципліни  
"Технологія переробки зерна"

Шифр спеціальності	Форма навчання	Курс	Семестр	Всього годин	У тому числі				Контроль		
					лекцій	практичних	лабораторних	самостійних	залік	курсова робота	іспит
8.09010101	Денна	5	10	108	18	0	34	56	+	-	-
8.09010101	Денна	6	11	90	16	0	24	50	-	+	+
Усього	Денна	x	x	198	34	0	58	106	+	+	+

## **ЗЕРНО – ОСНОВНА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БОРОШНА**

- 1. Зерно – основа життя і цивілізації людей.**
- 2. Фізіологічні проблеми харчування людей зерновими продуктами.**
- 3. Історія розвитку борошномельного виробництва.**
- 4. Розвиток науки про зерно і зернопереробної промисловості.**

**1. Зерно – основа життя і цивілізації людей.** Зерно і вироблені з нього продукти: борошно, крупа і хліб овіяні легендарною славою практично усіх поколінь людей, що коли-небудь жили на Планеті Земля. Скільки прислів'їв, пісень, заповітів, що прославляють хліб і людей, які його вирощують та обробляють. Святість зерна і хліба відмічена майже у всіх релігіях світу. «Хліб наш насущний...» – такі слова проголошують в одній із священних молитв православних християн. В чому причина такого ставлення людей до зерна та хліба необхідно знати усім, а особливо тим, хто присвятив своє життя їх Величностям.

Розглянемо низку проблем, пов'язаних з переробкою та використанням зерна. Виробництво основних харчових продуктів для людей пов'язане із зерном. В чому ж проблеми наведеного перетворення зерна? Таких проблем в основному дві: необхідно забезпечити постійно зростаючу кількість харчових продуктів широкого асортименту і забезпечити високу їх якість при високому рівні використання природних ресурсів зерна. Кількість харчових і кормових продуктів залежить від кількості зерна, що вирощується. Біля чверті населення нашої планети зайняті виробництвом зерна. Вони вирощують щорічно близько 1,3...1,4 млрд. тонн різного зерна (пшениці, рису, кукурудзи, жита, круп'яних культур і ін.), що при населенні нашої планети в 6 млрд. людей складає в середньому 220 кг зерна на одну людину на рік. Цього недостатньо. Статистичні дані свідчать проте, що для заможного життя людей необхідно вирощувати і збирати щорічно біля 1 тонни зерна на одну людину. В деяких країнах це вже досягнуто: Канада, Сполучені Штати Америки, Австралія, Аргентина та інші країни. В окремі роки цього досягала і

Україна. Так, у 1992 році збір зернових в Україні досягав 53 млн. тонн при населенні 53 млн. людей. На жаль, за останні роки збір зернових в Україні зменшився до 22...24 млн. тонн на рік і тепер на кожного жителя України припадає тільки 450...500 кг зерна на рік, що все-таки вище середньосвітового рівня (220 кг), але недостатньо для заможного життя людей. Завдання полягає в тому, щоб досягти колишнього рівня виробництва зерна в Україні і повернути її в десятку найбагатших країн світу.

Використовуючи дані археологічної науки, можна уявити, як це відбувалося. Відомо, що у кам'яному віці люди жили великими групами у печерах. Чоловіки займались мисливством і добували їжу, а жінки виховували дітей, займались збиранням овочів, інших плодів, в тому числі і зерна. Основним продуктом харчування людей тих далеких часів було м'ясо диких тварин і птиці, а плоди рослин і зерно тільки лише доповнювали основну їжу. Особливістю зерна і його позитивною якістю було те, що воно могло довго зберігатись без ушкодження і тому зерно можна було накопичувати про запас.

**2. Фізіологічні проблеми харчування людей зерновими продуктами.** Як уже встановлено, зернові продукти є основними і незамінними в харчуванні людей, і серед них найбільш важливе місце займає хліб. Незважаючи на багатовікову історію споживання людьми хліба і в теперішній час залишаються проблеми, які потребують роз'яснення. Серед них питання про корисність темного (із оббивного борошна) і білого (із сортового борошна) хліба, повноцінність харчування людей хлібом, вплив хліба на повноцінність харчування при сумісному споживанні хліба і інших продуктів харчування.

Для того, щоб відповісти на перше питання, необхідно з'ясувати появу білого хліба, оскільки перший хліб був із суцільно-подрібненого зерна (оббивне борошно). Білий хліб з'явився відносно недавно, всього 300...400 років тому. Його поява пов'язана з розвитком промислової переробки зерна, конкуренцією виробників та прагненням людей до багатства.

Білий хліб має високі споживчі властивості: привабливий вигляд, високу смакову якість і тим самим заохочує споживача. Споживання білого хліба стало мірою багатства людей. В одній із перших опублікованих робіт з технології переробки зерна в Росії,

Василь Левшин описав два види помелів, які назвав як «Молоніє для багатих і молоніє для бідних», маючи на увазі для багатих біле (сортове) борошно, а для бідних темне (оббивне) борошно. Біле борошно і хліб з нього стали поступово витіснити темне борошно і хліб з нього. Зараз темний хліб займає десь біля 30 % від загального виробництва хліба.

В багатьох країнах світу проведені численні наукові дослідження з метою з'ясування корисності білого і темного хліба. Про корисність білого хліба свідчать дані, що в темному хлібі знижується засвоєння основного компонента їжі – білків із-за споживання значної кількості речовин, що містяться в периферичних частинах зерна (пентозани, клітковина і інші високомолекулярні полісахариди) і не засвоюються організмом людини. Зниження засвоєння білків при цьому невелике і складає біля 3,5 % при зниженні калорійності темного хліба на таку ж величину.

Встановлено, що недостатня кількість в зернових продуктах амінокислоти лізину знижує повноцінність білків зерна. Однак, оскільки в периферичних частинах зерна і особливо в алейроновому шарі та зародку міститься найбільша кількість білків, то їх використання в їжі підвищує загальний потенціал білка в харчових продуктах. Неповноцінність зернових продуктів по лізину може бути заповнена за рахунок інших продуктів (М'ясних, молочних, рибних), які вміщують високу кількість лізину.

Цінність окремих харчових продуктів слід розглядати не ізольовано, а в зв'язку із загальним харчуванням людей різного віку, традиціям, кліматичними умовами, способом життя і іншими чинниками. Численні дослідження різних авторів підтвердили, що найбільш повноцінне харчування людей у використанні різноманітних продуктів при домінуванні зернових, як основних продуктів харчування.

**3. Історія розвитку борошномельного виробництва.** Техніка і технологія виробництва борошна тісно пов'язані з розвитком цивілізації. Тому історію розвитку борошномельного виробництва доцільно розглядати за етапами розвитку людського суспільства. Найбільш повний аналіз історичного розвитку борошномельного виробництва зробив професор Я.М. Купріц (1951). Переробка зерна в крупу чи борошно з'явилась з появою на Землі землеробства. В той далекий період люди навчилися подрібнювати зерна примітивним



знаряддям виробництва, яке пізніше назвали «зернотерками». Зернотерки складались із двох камінців з плоскими поверхнями, поміж яких і розтирали зерно. Такі зернотерки, а також ступки, були знайдені при розкопках на території Київської області і відносяться до III тисячоліття до н. е. (період Трипільської культури). На теренах колишнього Радянського Союзу це була найбільш древня знахідка, яка свідчить про те, що на території середньої течії Дніпра в ті далекі часи з'явилися перші ознаки початкового землеробства. І не випадково на цій території трохи пізніше з'явилась держава, яка називалась «Київська Русь» з центром у Києві.

Зернотерка і ступка стали таким чином попередниками сучасного борошномельного виробництва. Вони використовувались для сімейних потреб, або невеликою групою людей, оскільки мали дуже малу продуктивність.

Жорновий посад слугував людям багато віків, а в деяких регіонах він використовується і нині. В рабовласницький період для привода жорнових посадів використовувалась мускульна сила рабів, каторжан і інших людей підневільної праці. Використовувались також сила тварин для привода жорнових посадів.

Поява вальцьових верстатів і розсійників суттєво змінила весь технологічний процес виробництва борошна і викликала необхідність удосконалення і інших процесів переробки зерна.

Очистка поверхні зерна довгі роки залишалась малоефективною. Машини, що використовувались в цьому процесі, «колунки» та «тертьові машини» не забезпечували надійної очистки поверхні зерна і особливо очистки боріздки від пилу, що погіршувало якість борошна. Вказані недоліки заставили спеціалістів створити оббивну машину, до складу якої входив циліндр з міцною наждачною поверхнею і бичовий ротор, що обертався із швидкістю 15...29 м/с всередині наждачного циліндра. При такій швидкості бичового ротора зерно підхоплювалось бичами і вдарялось у наждачну поверхню циліндра. В результаті удару із боріздки висипався пил, а тертя зерна об наждачну поверхню забезпечувало очистку його поверхні від пилу. Цей спосіб очистки поверхні зерна називають «сухим». Нажаль, «сухий» спосіб очистки поверхні зерна не забезпечує повної очистки. Тому пізніше стали використовувати миття зерна, яке спільно з «сухою» очисткою забезпечила високий ступінь очистки поверхні і рівномірне зволоження зерна.

Напередодні Великої Вітчизняної війни боршномельна

промисловість Радянського Союзу повністю забезпечувала населення країни необхідною кількістю хлібопродуктів, але війна все змінила. Невелика частина млинів була евакуйована на Схід, а більшість була зруйнована. В Україні не залишилось жодного млина, придатного для виробництва борошна. Почалась тяжка праця з відновлення борошномельної і круп'яної промисловості, яка продовжувалась до 1951 року.

В 70-ті роки почалось технічне переозброєння борошномельної промисловості на основі використання нового високопродуктивного обладнання. В результаті цього переозброєння Україна має потужну борошномельну промисловість, яка здатна задовольнити будь-які потреби.

#### **4. Розвиток науки про зерно і зернопереробної промисловості.**

Як уже вказувалось, значний розвиток борошномельного виробництва у XVII столітті був пов'язаний з розвитком і використанням науки. Саме в цей період з'явилися перші наукові праці про підбір і оцінку зерна високої якості для сортових помелів, з'явилися нові машини, була зроблена перша спроба класифікації помелів.

В 1811 році в Росії була опублікована робота Василя Левшина, в якій вперше вказувалось про доцільність зволоження зерна перед помелом, розглянуто процес змішування зерна різної якості і показано його вплив на хлібопекарські властивості суміші. В роботі розглянуто також особливості разових та повторювальних помелів, які він називав «молонієм» відповідно для бідних і «молонієм» для багатих.

В 1862 році відомий вчений Д. І. Менделєєв, який був на той час доцентом Петербурзького університету, видав книгу, в якій описав технологію виробництва борошна, технологічні властивості зерна, конструкцію існуючого в той час технологічного обладнання, та перспективу його подальшого удосконалення. В 1876 році, а потім і в 1883 році, професор Петербурзького технологічного інституту П. О. Афанасьєв видав «Курс мукомельних млинів», в якому всебічно розглянув процес здрібнення зерна спочатку на жорнових посадах, а потім і на вальцьових верстатах. То був період впровадження у виробництво вальцьових верстатів і П. О. Афанасьєв прискорив їх виробництво, створивши теорію процесу здрібнення зерна. В

роботі розглянуто також технології підготовки зерна до помелу і нові методи обробки зерна. Враховуючи теоретичний характер і повноту роботи П. О. Афанасьєва, широкі обґрунтування наукових досягнень і практики борошномельного виробництва, його вважають основоположником вітчизняної науки про зерно і методи його переробки.

Проблеми подальшого розвитку науки та промисловості переробки зерна пов'язані як із зростанням населення, так і із необхідністю більш ефективного і раціонального використання зерна для забезпечення зростаючих потреб населення. Для вирішення вказаних проблем необхідно досягати високого рівня функціонування усіх ланок зернопереробного комплексу, основні напрямки якого такі:

1. Забезпечити підвищення якості зерна, як основного фактора, впливаючого на якість зернових продуктів.

2. Вирішити наукові і практичні питання щодо формування помельних партій зерна для підвищення стабільності та ефективності технологічних процесів його переробки.

3. Постійно вивчати технологічні та біохімічні властивості існуючих і нових сортів пшениці і жита і розробляти ефективні методи їх переробки у різні харчові продукти.

4. Суттєво розширити асортимент зернових продуктів з максимальним використанням природного потенціалу зерна. Це борошно з різним вмістом білка, крохмалю, периферичних частин зерна; нові види крупи і круп'яних продуктів, в тому числі продуктів швидкого приготування. Нові зернові продукти і їх широкий асортимент забезпечать зростаючий попит різних груп населення у високоякісних зернових продуктах.

5. Підвищити ефективність воднотеплової обробки зерна, як для направленої зміни його технологічних властивостей, так і для одержання нових харчових продуктів із зерна.

6. Продовжити роботи з комплексної механізації і автоматизації процесів переробки зерна в борошно і крупу і особливо робіт з тяжкою фізичною працею людей.

7. Продовжити пошук нових технологічних процесів і обладнання для переробки зерна в харчові продукти, які б забезпечили суттєве зниження витрат енергії на їх виробництво.

## **ХАРАКТЕРИСТИКА І ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕРНА, ВИДИ ПОМЕЛІВ І АСОРТИМЕНТ БОРОШНА**

- 1. Характеристика зерна пшениці і жита.**
- 2. Технологічні властивості зерна пшениці і жита.**
- 3. Формування помельних партій зерна.**
- 4. Види помелів, асортимент і якість борошна.**

**1. Характеристика зерна пшениці і жита.** Пшениця і жито – це основні зернові культури, з яких виробляється борошно (мука). Вони мають високу харчову цінність і традиційно використовуються для виробництва борошна і хліба у всьому світі. Незначну кількість борошна виробляють також із кукурудзи, гречки і інших зернових та бобових культур.

Важливим фактором, впливаючим на якість і споживчі властивості борошна і хліба, є якість зерна, яка визначається його хімічним складом та технологічними властивостями і залежить від сортових особливостей і ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Технологічні властивості зерна – це сукупність ознак і показників його якості, які визначають поведінку зерна в технологічних процесах переробки і впливають на вихід і якість борошна.

Оскільки ґрунтово-кліматичні умови вирощування зерна в різних регіонах України значно відрізняються, то селекціонери постійно виводять нові сорти пшениці, жита та інших культур, найбільш пристосованих до кожного регіону. Найкращі сорти пшениці вітчизняної селекції, які вже багато років вирощують в Україні, і нові сорти – це такі озимі пшениці, як Безоста 1, Миронівські різних номерів, Ювілейна, Киянка, Обрій, Одеські різних номерів, Харківські сорти, Охтирчанка і багато інших сортів. Виведенням нових сортів пшениці в Україні займаються в основному Миронівський НДІ селекції і насінництва, Одеський селекційне – генетичний інститут, Український НДІ рослинництва, селекції і генетика (м. Харків). Значно менше сортів ярової пшениці. Це м'які пшениці: Харківська 10, 11, 96 і тверді – Харківська 46, 15, 23, 37, Луганська 7. Вказані сорти пшениці, як правило, мають добрі технологічні властивості і забезпечують високий вихід борошна високої якості.

Жито займає друге місце після пшениці по використанню для виробництва борошна. Його вирощують в невеликій кількості в північно-західних та північних регіонах України. Хліб із житнього борошна має добрі споживчі властивості і користується підвищеним попитом населення. Тому виробництво жита в Україні треба збільшувати.

За якістю вказаних показників м'яку пшеницю підрозділяють на 6 класів, а тверду – на 5 класів. Класифікація пшениці за якістю наведена в стандарті на пшеницю ДСТУ 3768:2010. Так відповідно до стандарту, до 1 класу відносять пшеницю I – IV класів, яка має натуру – не менше 760 г/л, вологість – не більше 14,0 %, зернову домішку – не більше 5 %, смітєву домішку – не більше 1,5 %, сажкових зернівок – не більше 14 %, сирої клейковини – I групи, число падіння – понад 200 с. У разі невідповідності зерна пшениці вказаним нормам якості хоча б за одним із показників її переводять до нижчого класу. М'яку пшеницю 6 класу використовують для технологічних і кормових цілей.

Жито класифікують на три типи, враховуючи його форму і територіальні ознаки вирощування: I тип – озиме північне, II тип – озиме південне, III тип – ярове. Жито I і II типів ділять на підтипи по районах вирощування. Озиме жито має більш високі технологічні властивості, ніж ярове. В Україні розповсюджене в основному озиме жито I і II типів. Класифікація зерна пшениці і жита за типами і підтипами має важливе технологічне значення, оскільки дозволяє визначити і використати різні методи і режими переробки різного за якістю зерна з високою ефективністю.

**2. Технологічні властивості зерна пшениці і жита.** Показники для оцінки технологічних властивостей зернової маси пшениці і жита підрозділяють на три групи, які характеризують загальний стан зернової маси, борошномельні і хлібопекарські властивості.

Загальний стан зернової маси оцінюють такими показниками: смак, запах, колір, вологість, засміченість смітєвою і зерновою домішкою, зараженість, кількість дрібної фракції зерна (прохід через сито з розміром отворів 2,0 x 20 мм або 2,2 x 20 мм). Борошномельні властивості зерна характеризують такими показниками, як склоподібність, крупність, вирівняність, об'ємна маса (натура), маса 1000 зернівок, густина, зольність, розмелоздібність і типовий склад зернової маси. Хлібопекарські властивості зерна пшениці можна

оцінити такими показниками: вміст і якість клейковини, газоутворююча здібність, дисперсний склад борошна, фізичні властивості тіста і показники пробної випічки хліба.

Враховуючи особливості структури і хімічного складу зерна жита його хлібопекарські властивості визначають за показниками автолітичної проби, амілограми і пробної випічки колобка.

При виробництві макаронного борошна необхідно враховувати макаронні властивості пшениці, які визначають на зразках одержаного макаронного борошна (крупки і напівкрупки). До показників, що характеризують макаронні властивості зерна пшениці, відносять: дисперсний склад макаронного борошна, його колір, зольність, вміст і якість клейковини, а також вміст білка, кислотність, фізичні властивості тіста за валориграфом, фаринографом. Окрім цього, необхідно виробити макарони в лабораторних умовах і визначити їх якість за такими показниками: вологість, міцність, колір, стан поверхні, збільшення об'єму і зміни форми при варінні макаронів, помутніння варильної води та ін.

*Показники, що характеризують загальний стан зернової маси.* Ці показники регламентують якість зерна, що направляється для переробки за загальними ознаками його гідності для виробництва борошна. По більшості цих показників введені так звані обмежувальні кондиції, які обмежують поставки зерна на борошномельні заводи, якість якого нижче обмежувальних кондицій. Смак, запах і колір зерна повинні бути нормальними, характерними для зерна. Зерно із стороннім запахом і смаком для виробництва борошна не допускається. Зерно, поражене кліщем, допускається в переробку, якщо поразеність не вище другого ступеня. Зерно, поражене довгоносоком і іншими шкідниками хлібних запасів (окрім кліща), необхідно направляти на спеціальні, карантинні підприємства.

Обмежувальні кондиції регламентують також якість зерна за клейковиною. Вміст клейковини в зерні повинен бути таким, щоб забезпечити стандартну якість борошна за цим показником. Якість клейковини для усіх помелів - не нижче 2 групи.

Вологість вихідної партії зерна обмежувальними кондиціями допускається при сортових помелах з одержанням борошна вищого сорту або сіяного до 13,0 %, а при інших сортових помелах - до 14 %. Така вологість дозволяє зволожувати зерно при його підготовці до помелу і змінювати вологість окремих анатомічних частин,

насамперед оболонки, що підвищує їх міцність і полегшує відділення від ендосперму.

Обмеження показників якості зерна за сміттевою і зерною домішками, а також особливими домішками, пов'язане з технічною можливістю борошномельних заводів по вилученню цих домішок із зернової маси і забезпеченню виробництва борошна стандартної якості.

*Показники для оцінки борошномельних властивостей зерна.* Вони характеризують поведінку зерна в технологічних процесах його переробки в борошно і впливають на вихід борошна, її якість і витрати енергії на виробництво.

*Показники для оцінки хлібопекарських властивостей зерна.* Ці показники характеризують поведінку виробленого борошна в технологічних процесах випічки хліба. Оскільки хліб є кінцевим продуктом переробки зерна, то хлібопекарські властивості зерна вважають визначальними при оцінці технологічних властивостей зерна.

**3. Технологічне значення і методи змішування зерна.** Вихідні партії зерна пшениці і жита, що надходять на борошномельні підприємства для переробки в борошно, мають різні технологічні і біохімічні властивості в зв'язку з сортовими особливостями, ґрунтово-кліматичними і агрономічними умовами його вирощування. Індивідуальна переробка кожної вихідної партії зерна викликає певні ускладнення із за необхідності переналагоджування технологічного процесу на переробку кожної партії, що порушить стабільність технологічного процесу і негативно вплине на якість борошна. Крім цього, необхідно врахувати, що не із кожної партії зерна можна виробити борошно стандартної якості. В зв'язку з цим, для забезпечення стабільності технологічного процесу і підвищення якості борошна на кожному борошномельному заводі необхідно формувати помельні партії зерна, які складаються з декількох вихідних партій (компонентів суміші). Об'єм помельної партії складають не менше, ніж на 10...15 діб безперервної роботи заводу. По закінченню переробки цієї партії складають нову помельну партію, виходячи з наявності на підприємстві зерна фактичної якості. Але при формуванні будь-яких помельних партій необхідно забезпечити високу якість борошна, яке б відповідало вимогам стандарту.

Формування помельних партій зерна - це початковий етап його підготовки до помелу на борошномельному заводі, який ефективно впливає на хлібопекарські властивості борошна і хліба, як результат складним біохімічних процесів, що протікають при випічці хліба. Ефективність змішування різних за якістю вихідних партій зерна залежить не тільки від їх кількості і співвідношення, але й від вдалого підбору, оскільки деякі вихідні партії при їх поєднанні в суміші здатні значно покращувати хлібопекарські властивості борошна, хоча при поєднанні інших партій зерна цього не спостерігається. Механізм такої взаємодії різних партій зерна пшениці ще не з'ясовано, але вважається, що змішування зерна різної якості є не стільки механічний процес, скільки біохімічний, при якому взаємодіють різні фракції клейковини і ферментні системи. Результатом такої взаємодії різних вихідних партій зерна в суміші і є зміна хлібопекарських властивостей борошна і хліба, що одержані із суміші.

Таким чином, існує практична можливість створення ефективної зернової суміші шляхом підбору відповідних вихідних партій зерна як компонентів суміші. Вміння підбирати такі компоненти, які взаємно підсилюють хлібопекарські властивості зернової суміші - означає вирішити одне з важливих завдань ефективного використання зерна різного за якістю.

Для формування ефективних помельних партій зерна на борошномельному заводі необхідно виконати наступні заходи: забезпечити роздільне зберігання різних вихідних партій зерна; визначити об'єм сформованої партії і скласти рецептуру суміші; визначити порядок створення проміжних зернових партій; визначити порядок остаточного формування помельної партії.

Для забезпечення роздільного зберігання різних за якістю вихідних партій зерна на підприємствах «Правила» регламентують порядок приймання і розміщення зерна пшениці і жита на борошномельних заводах. Відповідно з цим порядком, на кожному борошномельному заводі необхідно скласти план розміщення зерна, що надходить на підприємство. В плані необхідно передбачити роздільне зберігання вихідних партій зерна, що відрізняються показниками, які враховуються при формуванні помельних партій і визначенні режимів воднотеплової обробки зерна (ВТО) а також при розрахунках виходу борошна. Залежно від наявності ємкості і технічного оснащення зерносховища



рекомендується зберігати окремо: пшеницю продовольчу - по зонах вирощування типовій належності, вологості, склоподібності, натурі, наявності пророслих зерен, засміченості, кількості і якості клейковини; жито - по зонах вирощування, типовій або сортовій належності, вологості, натурі, засміченості, наявності пророслих зерен. Інтервали змін різних показників якості зерна при його роздільному зберіганні визначають залежно від наявної ємкості зерносховищ на даному підприємстві. Але доцільно при роздільному зберіганні пшениці прийняти, при можливості, такі інтервали: по склоподібності - окремо по трьох групах, а також окремо зберігати пшеницю із склоподібністю понад 75 % і менше 20 %; по натурі - понад 750 г/л, 750...690 і менше 690 г/л; по вмісту клейковини - понад 25 %, від 25 до 20 % і менше 20 %; по якості клейковини - окремо по трьох групах.

**4. Види помелів, асортимент і якість борошна.** *Види помелів зерна і асортимент борошна.* Помел являє собою сукупність взаємопов'язаних в певній послідовності технологічних процесів і операцій переробки зерна в борошно заданого виходу. Для виробництва борошна різного асортименту і різної якості застосовують відповідні помели. Кожний помел характеризується певною структурою (побудовою), а також включає характеристику і режим систем, що складають даний помел. При цьому під системою розуміється його елементарна частина (елементарний процес), що обслуговується окремою машиною або групою машин, виконуючих задану технологічну операцію, наприклад, це вальцьовий верстат і розсійник, що обробляють певний потік зернового продукту чи ситовійка. Режим системи визначається виходом і якістю характерного для даної системи продукту. Системи, що обробляють однорідні за якістю продукти з визначеним характером їх здрібнювання, сортування або збагачування, об'єднуються в етапи, які є більш високим ступенем в структурній організації технологічного процесу виробництва борошна. Сукупність взаємопов'язаних етапів складають загальний технологічний процес виробництва борошна (помел).

Різноманітність помелів викликала необхідність їх групової класифікації, яка з'явилась ще в перших друкованих роботах по технології борошномельного виробництва. Аналіз структури різних помелів пшениці і жита показує, що в основі їх відмінності є характер

процесу здрібнювання зернових продуктів. Прості помели використовують метод простого здрібнювання, при якому всі анатомічні частини зернівки здрібнюються рівномірно з максимальним виходом борошна. Складні помели використовують метод вибіркового здрібнювання, при якому на перших етапах здрібнюють зернові продукти з метою вилучення внутрішньої частини зерна - ендосперму, а потім її збагачення і здрібнювання в борошно. Структура технологічних процесів у розглянутих випадках буде різною, оскільки різні завдання ставляться перед помелами. Тому правомірно розподілити всі технологічні процеси виробництва борошна (помели) на прості, що використовують метод простого здрібнювання і складні, що використовують метод вибіркового здрібнювання. В свою чергу прості помели можна підрозділити на помели з послідовним і послідовно-паралельним здрібнюванням зернових продуктів. Для останніх помелів характерне виділення деякої кількості проміжних продуктів і їх обробка на спеціальній (проміжній) групі систем паралельно обробці основного потоку зернових продуктів. Класифікація складних помелів за наявністю і розвинутістю процесу збагачення, що запропонована С. І. Щербаковим і І. А. Наумовим, найбільш вдало і повно віддзеркалює їх суть.

В основу даної класифікації покладені наступні ознаки: характер здрібнювання (просте або вибіркоче), обробка зернових продуктів (послідовна або послідовно - паралельна), наявність і розвинутість процесу збагачення проміжних продуктів. Використовуючи дану класифікацію, можна розподілити існуючі помели таким чином: до простих помелів з послідовним здрібнюванням зернових продуктів віднести всі оббивні помели пшениці і жита; до простих помелів з послідовно - паралельним здрібнюванням - односортний 87-відсотковий помел жита (обдирний помел); до складних помелів без збагачення проміжних продуктів - односортний 63-відсотковий та двосортний 80-відсотковий помели жита і одержання сіяного і обдирного борошна; до складних помелів із скороченим процесом збагачення проміжних продуктів - односортний 85-відсотковий і двосортні 75 і 78-відсоткові помели пшениці за скороченою структурою; до складних помелів з розвинутим процесом збагачення проміжних продуктів - одно-, дво- і трисортні помели пшениці з виходом борошна 75 і 78-відсоткові.

## ОЧИСТКА ЗЕРНА ВІД ДОМІШОК

- 1. Домішки в зернових продуктах і методи їх вилучення.**
- 2. Сепарування за аеродинамічними властивостями.**
- 3. Сепарування за геометричними ознаками.**
- 4. Сепарування за магнітними властивостями.**
- 5. Сепарування за густиною і станом поверхні зернової суміші.**

**1. Домішки в зернових продуктах і методи їх вилучення.** В зерновій масі пшениці і жита, що надходить на борошномельні заводи, окрім основної культури, завжди знаходиться деяка кількість різноманітних домішок. Це насіння дикорослих смітєвих рослин (вівсюг, кукіль, дика редька, гірчак, в'язіль, повійка і ін.), насіння інших зернових і бобових культур (овес, ячмінь, кукурудза, горох і ін.), пошкоджені зернівки основної культури (щупле, недорозвинуте, пошкоджене сушінням, пошкоджене самозігріванням, мікроорганізмами, шкідниками хлібних запасів і ін.), органічні домішки (колоски, солома, полова і ін.), мінеральні домішки (дрібні камінці пісок, руда, грудочки землі і ін.), металеві і інші домішки.

Усі домішки, що знаходяться в зерновій масі, підрозділяють на смітєві і зернові. До смітєвої домішки відносять насіння усіх смітєвих рослин, мінеральні домішки, органічні домішки, значно зіпсовані зернівки основної культури, металеві домішки і ін. Окремо виділяють і відносять до смітєвої домішки вадливу домішку, яка негативно впливає на здоров'я людини. Це насіння гірчака, в'язелю та зернівки основної культури, пошкоджені сажкою, ріжками, фузаріозом. До зернової домішки відносять зернівки інших зернових культур, пошкоджені зернівки основної культури, якщо залишилось менше їх половини, щуплі, недорозвинуті зерна, пророслі і інші зернівки.

Враховуючи технічну можливість очистки зерна від домішок на борошномельному заводі, «Правила» рекомендують направляти до зерноочисного відділення борошномельного заводу партії зерна, які відповідають наступним показникам якості:

- вміст смітєвої домішки - не більше 2 %, а при наявності в елеваторі зерноочисного обладнання - не більше 1 %, в тому числі зіпсованих зернівок - не більше 1 % (для макаронних помелів - не

більше 0,5 %), вадливої домішки не більше 0,2 %, в тому числі вміст сажки і ріжки - не більше 0,05 % (окремо або разом), а гірчака і в'язелю - не більше 0,04 % (окремо або разом);

- вміст фузаріозних зернівок не більше 1 % (кількість фомітоксину - не більше 1 мкг/кг);

- вміст зернової домішки - не більше 5 % у пшениці і 4 % у житі, в тому числі пророслих зернівок - не більше 3 %, а для макаронних помелів - відповідно, не більше 4 і 2 %,

- зерно повинно бути не затхлим, не пліснявілим, не пошкодженим самозігріванням і сушінням, не мати солодового і інших сторонніх запахів.

**2. Сепарування за аеродинамічними властивостями.** Цей метод сепарування використовують для виділення із зернової маси зернових продуктів легких і пиловидних домішок. До таких домішок відносять щуплі, недорозвинуті зернівки, плівки, оболонки, полови, соломку і ін. В основу розділення суміші за даним методом покладена відмінність аеродинамічних властивостей компонентів, що складають зернову суміш. Аеродинамічні властивості компонентів характеризуються коефіцієнтом аеродинамічного опору, величина якого залежить від форми і розмірів частинок (компонентів) їх маси, стану поверхні, розташування частинки в повітряному потоці і його режиму.

Розглянемо стан якоїсь частинки, що знаходиться в повітряному потоці. При турбулентному рухові повітряного потоку, характерному для пневмосепаруючих каналів машин, на частинку, що знаходиться у вертикальному повітряному потоці, будуть діяти одночасно дві сили - сила динамічного діяння повітряного потоку ( $R$ ) і сила тяжіння ( $G$ ).

Сила динамічного діяння повітряного потоку визначається за формулою Ньютона:

$$R = \mu \cdot P_{\text{п}} \cdot F_{\text{м}} \frac{(V_{\text{п}} - V_{\text{г}})}{2}, \text{ де}$$

$\mu$  - коефіцієнт динамічного опору даної частинки;  $P_{\text{п}}$  - густина повітря, кг/см<sup>3</sup>;  $F_{\text{м}}$  - площа проекції частинки на площину, нормальну до вектора її відносної швидкості (міделів переріз);  $V_{\text{п}}$  - швидкість повітряного потоку, м/с;  $V_{\text{г}}$  - швидкість частинки, м/с.

У вертикальному повітряному потоці сили  $R$  і  $G$ , що діють на частинку, завжди направлені протилежно. Тому можливі три

взаємодії цих сил в повітряному потоці:  $R > G$  - частинка транспортується повітряним потоком,  $R = G$  - частинка знаходиться в стані витання,  $R < G$  - частинка падає вниз.

Швидкість повітряного потоку, при якій частинка знаходиться в стані витання, називається швидкістю витання або критичною швидкістю. Швидкість витання наближено характеризує аеродинамічні властивості зерна різних культур, продуктів їх переробки і домішок. Швидкість витання кожної частинки в повітряному потокові визначають експериментально у вільних умовах без впливу інших частинок.

Оскільки в повітряному потокові пневмосепаруючого каналу знаходиться не одна частинка, а зернова суміш, яка складається із багатьох частинок, які відрізняються за аеродинамічними властивостями, то, підбравши відповідну швидкість повітряного потоку, можна розділити суміш на дві фракції - легку, понесену повітряним потоком, і важку, що випала вниз. Середня фракція частинок, що знаходиться в стані витання, підбором відповідної швидкості повітряного потоку розподіляється між легкою і важкою фракціями. Використовуючи цей метод, виділяють із зернової суміші легкі домішки, до яких відносяться квіткові плівки, оболонки зерна, щуплі і недорозвинуті зерна, пил органічного і мінерального походження, частинки колосків і ін. Сепарування за аеродинамічними властивостями широко використовують як у простих сепараторах, так і в комбінованих.

Показником ефективності сепарування за аеродинамічними властивостями є ступінь виділення легких компонентів суміші. На ефективність сепарування впливають такі фактори: аеродинамічні властивості зернової суміші (роздільність за цією ознакою), засміченість суміші легкими домішками, повітряний режим сепаратора, умови навантаження сепаратора.

Роздільність суміші за аеродинамічними властивостями характеризує ступінь відмінності компонентів суміші за цими властивостями і чим значніша їх відмінність, тим вища ефективність сепарування. Ефективність сепарування підвищується також в разі підвищення засміченості суміші легкими домішками.

**3. Сепарування за геометричними ознаками.** Сепарування при цьому методі здійснюється на ситах і чарункових поверхнях трієрів. Геометричні ознаки, що використовуються при очистці і

розділенні зернової суміші на ситах - це ширина і товщина зернівок основної культури і домішок, а на трієрах - їх довжина.

В борошномельному виробництві для очистки зерна від домішок використовують пробивні (решітні) і ткані сита. Кожне сито характеризується двома параметрами: робочим розміром і коефіцієнтом живого перерізу. Робочий розмір сита визначається характерним розміром отвору сита, або кількістю отворів, а коефіцієнт живого перерізу - співвідношенням загальної площі отворів до загальної площі сита.

Пробивні (решітні) сита виготовляють із листової сталі з отворами круглої, продовгуватої і трикутної форми. Ці сита використовують в сепаруючих машинах зерноочисного відділення борошномельних і круп'яних заводів, а також в рушальних відділеннях круп'яних заводів. Пробивні сита, залежно від форми отворів, підрозділяють на три типи: 1-ий тип - з круглими отворами, центри яких знаходяться у вершинах правильного шестикутника; 2-ий тип - з продовгуватими прямокутними отворами, розташованими рядами; 3-ій тип - з трикутними рівносторонніми отворами, розташованими рядами. Пробивні сита з отворами різної форми нумерують у відносності з типом і робочим розміром (в мм), збільшеним на десять. Робочий розмір пробивного сита 1-го типу характеризує діаметр круглого отвору, 2-го типу - ширину продовгуватого отвору, а 3-го типу - розмір сторони рівностороннього трикутного отвору. Наприклад, сито № 50, тип 1 має отвори круглої форми діаметром 5 мм; сито № 20, тип 2 - продовгуваті отвори розміром 2,0 x 20 мм; а сито № 45, тип 3 - трикутні отвори з розміром сторони трикутника 4,5 мм. Для очистки зерна від домішок використовують також металоткані сита.

На ситах виділяють усі сміттєві і зернові домішки, що знаходяться у зерновій масі і відрізняються від основного зерна за шириною і товщиною. За допомогою сит розділяють також зернову масу на фракції по крупності.

Ефективність сепарування на ситах можна визначати як за зменшенням загальної засміченості зернової маси, так і окремих її видів. Наприклад, за зменшенням крупних, чи дрібних домішок. Ефективність сепарування на ситах нормується «Правилами» відповідно до кожного сепаратора і етапу очистки зерна.

Технологічна ефективність сепарування на ситах залежить від значної кількості факторів, які впливають на неї фізико-технологічні

властивості зернової суміші (засміченість, вологість, відносна крупність, роздільність і ін.). умови навантаження сит (питоме навантаження, товщина шару зернової суміші на ситі), кінематичні і геометричні параметри сит (частота і амплітуда коливань зворотно-поступального руху сита, колова швидкість при обертальному рухові сита, розміри сита, стан його поверхні і ін.), очистка і аспірація сита.

Процес сепарування на ситі можливий тільки в умовах наявності відносного руху зернової суміші по ситі, яке теж рухається. Наявність відносного руху зернової суміші по ситі забезпечує її самосортування і просівання. При самосортуванні відбувається розшарування суміші: важкі і дрібні компоненти опускаються в нижні шари і досягають поверхні сита, а крупні і легкі компоненти спливають у верхні шари. Дрібні компоненти суміші, що досягли поверхні сита, мають можливість ефективно просіятись через його отвори при оптимальній швидкості відносного руху проходових частинок.

Серед показників фізико-технологічних властивостей найбільший вплив на ефективність сепарування проявляє засміченість і відносна крупність компонентів зернової суміші. Чим більша засміченість зернової суміші, тим вища ефективність її сепарування на ситах, оскільки зростає вірогідність розшарування суміші і попадання проходового компонента (домішок) на сито. Відносна крупність зернової суміші визначається співвідношенням розмірів найменшого компонента суміші до розмірів найбільшого компонента і характеризує здатність суміші до самосортування. Чим менша відносна крупність суміші, тим вища здатність суміші до самосортування і тим вище ефективність сепарування такої суміші.

**4. Сепарування за магнітними властивостями.** В зерновій масі, що надходить до борошномельних заводів для переробки, зустрічається металоманітна домішка, яка трудно вилучається. Металоманітна домішка може з'являтися в зернових продуктах і при незадовільній експлуатації обладнання, наприклад в умовах тертя металевих частин машин і ін. Металоманітна домішка це частки металу або руди, які притягуються магнітами. Необхідність виділення металоманітної домішки пов'язана з вимогами стандарту на борошно, крупу і побічні продукти. Так, в 1 кг борошна і манної крупи допускається не більше 3 мг металоманітної домішки, розмір окремих часток металу не повинен перевищувати 0,3 мм, а їх маса не

більше 0,4 г. Окрім цього крупні частинки металу, попадаючи в машини зерноочисного і розмельного відділення, можуть викликати іскроутворення і наступні за ним вибух і пожежу. Особливо небезпечні в цьому відношенні машини ударної дії (оббивалки, щіткові, ентолейтори і ін.).

За способом утворення магнітного поля магнітні сепаратори підрозділяють на статичні і електромагнітні. Статичні магнітні сепаратори (колонки) складаються із набору статичних магнітів, виготовлених із спеціальної магнітної сталі або сплаву магніко. Магнітне поле в електромагнітних сепараторах наводиться пропусканням постійного електричного струму через котушки генератора.

В основу сепарування зернових продуктів за металоманітними властивостями покладено відмінність магнітних властивостей компонентів суміші: зерна і металоманітних домішок, які, попадаючи в магнітне поле притягуються до полюсів магніту під дією сили притягання магнітів. Ця сила набагато перевищує силу взаємозв'язку частинок вільної сипучої маси, якою є зернова суміш. Сила притягання магнітів залежить від магнітної індукції даного магніту і площі перерізу його полюса.

Магнітна індукція статичних магнітів визначається спеціальним приладом – мілітесламетром. Показником ефективності і сепарування за магнітними властивостями зернової суміші є ступінь виділення металоманітного компонента. На ефективність сепарування впливають наступні фактори: сила притягання магнітів, рівномірність і швидкість подавання суміші, яка сепарується, в магнітне поле, товщина шару зернової суміші, що рухається в магнітному полі, вилучення металу з полюсів магнітів, а також засміченість зернової суміші іншими домішками (легкі, пядовидні і ін.).

Сила притягання підковоподібних статичних магнітів, виготовлених із магнітної сталі, повинна бути не менше 12 кг, на одну підкову, а із сплаву магніко - не менше 20 кг. В разі зменшення сили притягання магнітів їх необхідно підмагнічувати. Рівномірність і мінімальна швидкість подавання зернової суміші в магнітне поле досягається спеціальними розподілюючими пристроями і необхідна для стабілізації певної постійної товщини шару продукту в магнітному полі. Товщина шару продукту приймається різною: 5...7 мм для м'яких мучних продуктів, 10...12 мм для зерна, крупи і інших зернових продуктів. Додержання мінімальної швидкості потоку суміші, що сепарується, в магнітному полі пов'язане з тим,



щоб кожна частка металу встигла досягти полюсів магніту, а також з тим, щоб не збивати уже притягнуті магнітами частки металу. При вилученні металевих часток з полюсів магніту важливо не допустити їх попадання в просепарований зерновий продукт. Засміченість зернової суміші іншими домішками і особливо легкими і пиловидними негативно впливає на ефективність сепарування за магнітними властивостями.

**5. Сепарування за густиною і станом поверхні зернової суміші.** Для виділення із зернової суміші таких домішок, як кураї, сашка, ріжки, дика редька, татарська гречка, галька, часток немагнітного металу, розміри яких збігаються з розмірами зерна, використовують складні комбіновані методи сепарування по сукупності таких ознак і властивостей, як густина, стан поверхні і аеродинамічні властивості зерна і вказаних домішок. Сепарування за густиною і станом поверхні компонентів суміші використовують також для розділення продуктів лущення рису, проса, вівса і інших зернових продуктів.

Сепарування за цим методом здійснюють на машинах вібропневматичної дії. Принцип розділення зернової суміші у вібропневматичних сепараторах складається з того, що зернова суміш, яка знаходиться на повітрянопроникній поверхні, продувається вихідним повітряним потоком, а сама поверхня при цьому здійснює складний вібраційний рух. В результаті псевдозрідження і спрямованого вібраційного руху зернова суміш набуває властивостей текучості, при якій найбільш результативно проявляється відмінність компонентів суміші за густиною, коефіцієнтом тертя і аеродинамічними властивостями. При цьому створюються умови для інтенсивного самосортування зернової суміші за вказаними ознаками і властивостями.

В. В. Гортінський, В. М. Цеціновський і ін. автори розглядають робочий процес вібропневматичного сепарування, як такий, що складається з двох стадій: розшарування вихідної суміші на плоскій повітрянопроникній поверхні і розділення шарів на фракції за якісними ознаками. Розшарування вихідної суміші здійснюється по густині і масі компонентів суміші. При цьому важкі частинки займають нижній шар, а легкі - верхній. Частинки, для яких швидкість повітряного потоку при цьому дорівнює швидкості їх витання в стиснутих умовах, розміщуються в середніх шарах зернової суміші.

Розділення шарів суміші на фракції за якісним складом здійснюється шляхом їх вибіркового транспортування, в основу якого покладено їх різницю за густиною, масою, крупністю, коефіцієнтом тертя і іншими ознаками. Вибіркове транспортування (виділення) окремих шарів (фракцій) розшарованої суміші можливе трьома способами: протипотокове розділення на дві фракції (важкі і легкі частинки), що використовується у вібропневматичних каменевідбірних машинах РЗ-БКТ і БКМ-1,5; віялове розділення на три фракції (важка, легка і проміжна), що використовується в пневмосортувальних столах з похилими площинами (БПС, ПСС-2,5); просівання нижніх шарів зернової суміші з розділенням її на фракції по крупності і густині (концентратори А1-БЗК).

Розділення суміші луценого і нелуценого круп'яного зерна в машинах віброударної дії (падді-машини) складається з того, що вихідна двокомпонентна суміш надходить в центральну частину робочого каналу, який має похиле днище, що складається з двох площин, розташованих під різними кутами до горизонту. Суміш послідовно ударяється то в праву, то в ліву стінки каналу і при цьому інтенсивно самосортується за густиною, масою і пружними властивостями частинок, що входять в зернову суміш. Важкі і дрібні частинки опускаються в нижні шари суміші, легкі і крупні - розташовуються у верхніх шарах і виводяться з сепаратора протипотоковим переміщенням. При безперервній подачі суміші легкі і крупні частинки переміщуються у верхню частину каналу, а важкі і дрібні - в протилежно розташовану нижню частину каналу.

Протипотокове переміщення частинок суміші луценого і нелуценого зерна в робочому каналі падді-машини здійснюється на основі відмінності їх коефіцієнтів тертя і пружних властивостей. В. М. Цеціновський встановив, що частинки з меншим коефіцієнтом миттєвого тертя, при певних розмірах робочого каналу переміщуються по каналу ввєрх, а частинки з більшим коефіцієнтом миттєвого тертя - вниєз.

## ПІДГОТОВКА ЗЕРНА ДО РОЗМЕЛУ

### 1. Очистка поверхні зерна.

### 2. Воднотеплова обробка зерна.

**1. Очистка поверхні зерна.** *Призначення і методи очистки поверхні зерна.* Зерно пшениці і жита містить на своїй поверхні значну кількість мікроорганізмів і пилу мінерального і органічного походження. Особливо забруднена і засіяна борозенка зерна. Якщо поверхню зернівок не очищати, то пил і мікроорганізми попадуть у борошно і значно погіршать її якість. При очищенні поверхні зерна вилучають також чубок з кожної зернівки і частково зародок, де накопичується значна кількість пилу і мікроорганізмів. Окрім цього, зародок підлягає відокремленню в зв'язку з високим вмістом жирів, які при попаданні в борошно, викликають її згіркання із-за інтенсивного окислення жирів в процесі зберігання борошна. При очищенні поверхні зерна із-за прикладання до неї значних механічних зусиль неминуче відділення деякої частини оболонки і особливо тих, які мають дефекти через пошкодження при збиранні зерна, транспортуванні і очищенні від домішок.

В борошномельному виробництві очистку поверхні зерна здійснюють двома методами: сухим і вологим. Сухий метод засновано на використанні машин ударно-стираючої дії (оббивальні, щіткові, луцильні машини, ентолейтори), а вологий - на використанні мийних машин і машин вологого луцення.

Технологічна ефективність очистки поверхні зерна пшениці і жита визначається зниженням його зольності при обмеженні кількості подрібнених зернівок. Інтенсивна обробка поверхні зерна, особливо в оббивальних машинах з абразивною поверхнею, призводить до значного зниження зольності зерна із-за максимального виділення пилу з його поверхні, а також часткового вилучення зародка і оболонки. Однак при цьому збільшується кількість подрібнених зернівок, в яких оголюються окремі ділянки ендосперму. На них попадає пил, який негативно впливає на якість сортового борошна, що виробляється з такого зерна. Тому інтенсивні методи очистки поверхні зерна використовують тільки при підготовці зерна до простих помелів. При складних сортових помелах очистку

поверхні зерна слід проводити обережно, щоб не допустити значного збільшення кількості подрібнених зернівок.

"Правилами» встановлені наступні норми показників ефективності очистки поверхні зерна: в оббивальних машинах з абразивною поверхнею і луцильних машинах - зниження зольності зерна 0,03...0,05 %, збільшення подрібнених зернівок допускається до 2 %; в оббивальних машинах з металевим сітковим циліндром і щіткових машинах - зниження зольності 0,01...0,03 %, збільшення подрібнених зернівок не більше 1 %; в мийних машинах і машинах вологого лущення - зниження зольності 0,02...0,05 %, збільшення подрібнених зернівок не більше 1 %.

На технологічну ефективність очистки поверхні зерна впливають такі фактори: технологічні властивості зерна і особливо забрудненість його поверхні, метод очистки поверхні, кінематичні і геометричні параметри робочих органів машин, їх навантаження і інші фактори, які будуть розглянуті при знайомстві з різними методами очистки поверхні зерна.

*Суша очистка поверхні зерна.* Суша очистка поверхні зерна в борошномельному виробництві проводиться на оббивальних машинах типу РЗ-БГО, РЗ-БМО, щіткових машинах А1-БШМ-12, луцильних машинах А1-ЗШН-3 і ентолейторах типу РЗ-БЕЗ. Ці машини при очищенні поверхні зерна використовують деформації удару і стирання одночасно, в результаті чого висипається пил із борозенки, відділяється пил, що тримався на поверхні зернівки, відділяються волоски чубка, а також частково зародок і оболонки.

Технологічна ефективність сухого методу очистки поверхні зерна залежить від технологічних властивостей зерна, кінематичних і геометричних параметрів робочих органів машин, їх навантаження і аспірації.

Технологічні властивості зерна. Найбільший вплив серед них проявляють: забрудненість поверхні зерна, склоподібність, вологість і крупність. Чим більше забрудненість поверхні зерна, тим вища ефективність очистки, оскільки зольність пилу, що знаходиться на поверхні, в 5...6 разів перевищує зольність зерна (зольність зерна 1,6...1,9 %, зольність пилу 8...10 %). Сухе і високосклоподібне зерно легше подрібнюється при ударі, ніж вологе і низькосклоподібне із-за того, що останнє має більш високі пружні властивості і тому при ударі воно майже не подрібнюється. В зв'язку з цим сухе і високосклоподібне зерно слід обробляти на машинах ударної дії

обережно. Це пов'язано з тим, що маса зернівок крупного зерна більша ніж дрібного, і воно набуває більшої кінетичної енергії при даній швидкості його обробки. Тому важливо направляти в оббивальні машини і ентолейтори однорідне за крупністю зерно і підбирати для нього відповідні режими обробки.

Кінематичні і геометричні параметри оббивальних і щіткових машин. До цієї групи параметрів відносять: колову швидкість бичового або щіткового ротора, характер робочої поверхні циліндра, відстань між кромкою бича і робочою поверхнею циліндра чи щітковою декою і щітковим ротором.

Колова швидкість бичового чи щіткового ротора визначає швидкість обробки поверхні зерна і кінетичну енергію кожної зернівки, що знаходиться в робочій зоні машини. Щоб забезпечити нормативні показники ефективності очистки поверхні зерна з урахуванням його технологічних і структурно-механічних властивостей, колову швидкість бичового ротора вибирають при обробці м'якої низькосклоподібної пшениці в межах 13...15 м/с, а твердої або м'якої високосклоподібної - 10...12 м/с. Для жита, яке має підвищену в'язкість і пружність, колова швидкість ротора повинна бути 15...18 м/с. Підвищення колової швидкості ротора оббивальної машини викликає підвищення ефективності очистки поверхні зерна із-за значного зниження його зольності, але при цьому завжди збільшується кількість подрібнених зернівок, що недопустимо.

Робоча поверхня циліндра оббивальних машин буває із абразивних матеріалів, металевою і металосітковою. Найбільш інтенсивно проходить очистка поверхні зерна у машинах з абразивною поверхнею циліндра із-за високого значення коефіцієнта тертя на цій поверхні. При металевій поверхні циліндра досягається найменша ефективність завдяки зменшенню коефіцієнта тертя. Металосіткова поверхня робочого циліндра займає проміжне положення між абразивною і металевою по ефективності очистки поверхні зерна. Тому в сучасних оббивальних машинах типу РЗ-БГО і РЗ-БМО використовуються металосіткові поверхні. Сітка зроблена із дроту гранованого профілю спеціального плетіння і має високі експлуатаційні показники: довговічність, мінімальний догляд, високу ефективність.

Відстань між кромкою бича і робочою поверхнею циліндра оббивної машини визначає силу удару зернівки об поверхню циліндра, а також співударів зернівок поміж собою. Ця відстань в

різних машинах корегується в межах 18...28 мм. Чим менша її величина, тим більша сила удару зернівки об поверхню циліндра і співударів поміж собою із-за зростання швидкості удару, а значить і кінетичної енергії зернівки. Тому при очищенні сухого і високосклоподібного зерна відстань між кромкою бича і робочою поверхнею циліндра збільшують (у вказаних межах).

Навантаження на оббивальну машину. Навантаження зерна на оббивальну машину нормується і пов'язане з її продуктивністю. Але в умовах виробництва навантаження на оббивальні машини змінюється. При збільшенні навантаження ефективність очистки поверхні зерна по зниженню його зольності зменшується, при цьому зростає зольність виділеного з машини пилу і зменшується кількість подрібнених зернівок. Такий вплив збільшення навантаження пояснюється скороченням часу перебування зерна в машині і зменшенням сили удару зернівок в стиснених умовах. Важливим для ефективною очистки поверхні зерна є рівномірність його подавання в машину. При нерівномірності подавання спостерігається і нерівномірність очистки поверхні зерна: при зниженні навантаження збільшується кількість подрібнених зернівок, а при збільшенні навантаження - зменшується ефективність очистки. Однак в деяких випадках, особливо при збільшенні кількості подрібнених зернівок, виникає необхідність підвищення навантаження на машину. Цей спосіб використовують як оперативний для негайного зменшення кількості подрібнених зерен.

Аспірація оббивальної машини. Вона також сильно впливає на ефективність очистки поверхні зерна, оскільки відокремлені від зерна частки мінерального і органічного пилу, частинки зародка, оболонки і чубка необхідно виділити із зернової суміші за допомогою повітряних потоків. Якщо аспірація недостатня, то відокремлені частки пилу знову осідають на поверхню зерна і тим самим знижують ефективність очистки.

Технологічна схема горизонтальної оббивальної машини РЗ-БГО-6 наведена на рисунку 1. Вихідна суміш зерна надходить в приймальний патрубок, а з нього в магнітний сепаратор 1 для вилучення металоманітних домішок, присутність яких в зернової суміші, що направляється в оббивальну машину, недопустима. З магнітного сепаратора зернова суміш через кільцевий зазор подається в сітковий циліндр 3, де підхоплюється бичами ротора 2 і завдяки наявності гінців, що прикріплені до бичів, рухається в основному

напрямку. В зв'язку з тим що гінці прикріплені до чотирьох бичів під кутом  $80^\circ$  до осі ротора, а до інших чотирьох - під кутом  $60^\circ$ , то виникає складна циркуляція зерна в сітковому циліндрі і інтенсивне тертя зерна поміж собою і сітковим циліндром. Це сприяє підвищенню ефективності очистки поверхні зерна. При випуску зерна із машини воно переходить в пневмосепаруючий канал 4 типу РЗ-БНА, в якому вилучаються легкі домішки, в тому числі пил, виділений з поверхні зерна. Пневмосепаруючий канал розміщують поряд з оббивальною машиною, щоб скоротити комунікацію транспортування зерна.

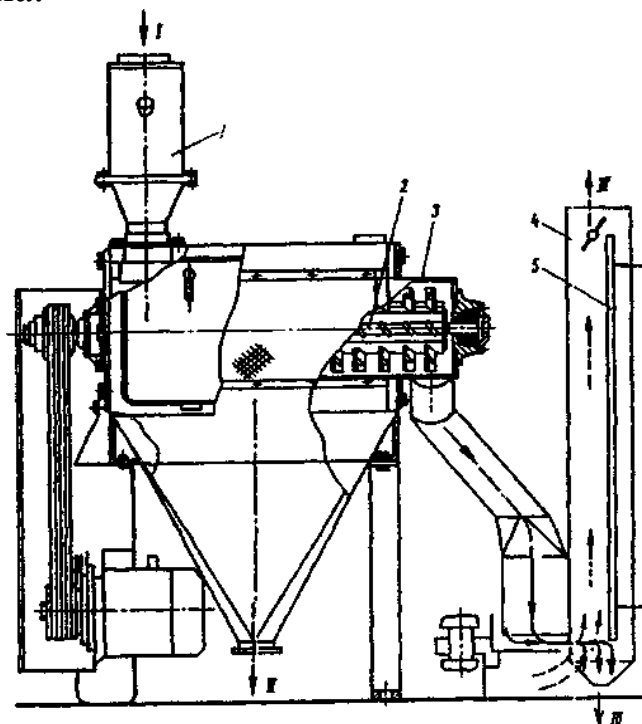


Рис. 1. Технологічна схема оббивальної машини РЗ-БГО-6: 1 - приймальний пристрій з магнітним сепаратором; 2 - бичовий ротор, 3 - сітчастий циліндр; 4 - пневмосепаруючий канал; 5 - рухома стінка; I - вихідне зерно; II - відходи; III - очищене зерно; IV - повітряний потік з легкими домішками.

Ефективність очистки зерна в машинах типу РЗ-БГО регулюють зміною навантаження і швидкістю повітряного потоку в пневмосепаруючому каналі за допомогою рухомої стінки 5.

**2. Гідротермічна обробка зерна.** *Призначення і методи воднотеплової обробки зерна.* Воднотеплову обробку зерна (ВТО) у борошномельному виробництві використовують для направленої зміни технологічних властивостей зерна з метою створення

оптимальних умов переробки його в борошно. Поряд з очисткою зерна від домішок воднотеплова обробка є основою його підготовки до помелу.

В технології виробництва борошна воднотеплову обробку зерна здійснюють для того, щоб підвищити міцність оболонки і знизити міцність ендосперму з метою ефективного його вилучення в найбільш чистому виді. При воднотепловій обробці змінюються і біохімічні властивості зерна і виробленого з нього борошна: знижується зольність борошна, підвищується вихід і поліпшується якість клейковини, зростає активність ферментів. Ефективність вказаних змін залежить як від вихідних технологічних властивостей зерна, так і від застосованих методів і режимів воднотеплової обробки, яку ще називають кондиціонуванням.

Серед усіх методів ВТО зерна найбільше розповсюдження набув метод холодного кондиціонування, як найбільш простий, при якому зерно спочатку зволожують, а потім відволожують в бункерах протягом кількох годин для здійснення структурно-механічних і біохімічних змін у зерні, які обумовлюють і визначають технологічні властивості зерна. При цьому процесі використовується природна біологічна здатність зерна поглинати при деяких умовах воду і змінювати свої властивості.

Холодне кондиціонування зерна підрозділяють на два види: без підігріву зерна і води і з підігрівом зерна або води. Холодне кондиціонування без підігріву зерна і води проводять при умовах, якщо температура зерна і води не нижче 18...20°C. В зимових умовах, коли температура зерна і води є низькою, утруднюються умови проникання вологи в зерно. В цих умовах використовують метод холодного кондиціонування з підігрівом зерна або води для забезпечення умов нормального зволоження і відволоження зерна. При цьому температуру зерна доводять в підігрівниках до 20...25°C, а температуру води до 60...70°C. Недоліком методу холодного кондиціонування є довгочасність відволоження зерна, що потребує великої місткості бункерів.

Для підвищення ефективності ВТО зерна використовують гаряче кондиціонування при атмосферних умовах, у вакуумі і при надлишковому тиску. Гаряче кондиціонування при атмосферних умовах проводять на повітряно-водяних кондиціонерах, в яких процеси проникання води в зернівку і прогрівання зернової маси протікають одночасно. Такі умови забезпечують підвищення швидкості



проникання води в зернівку і прискорюють структурно-механічні і біохімічні зміни в зерні. Гаряче кондиціювання при атмосферних умовах у порівнянні з холодним кондиціюванням більш ефективно, оскільки не тільки поліпшує технологічні властивості зерна, а й сприяє скороченню загального часу його кондиціювання. Однак, метод гарячого кондиціювання при атмосферних умовах має ряд недоліків. Це залежність параметрів і режимів ВТО від стану повітряного середовища, яке постійно змінюється протягом доби, тижня, місяця чи пори року і необхідність зміни режимів кондиціювання, а також складність апаратного обладнання і умов його експлуатації.

Щоб виключити недоліки гарячого кондиціювання при атмосферних умовах і проводити ВТО при відносно низьких температурах нагріву зерна розроблено метод кондиціювання у вакуумі при залишковому тиску 5...9 кПа. Основна перевага цього методу перед іншими - це зниження температури пароутворення води, що підсилює її проникання при зволоженні зерна і тим самим підвищує ефективність кондиціювання. Особливо це помітно по зміні біохімічних властивостей зерна: збільшується вихід і поліпшується якість клейковини, підвищується активність ферментів, краще зберігаються вітаміни в зерні. Однак через високу вартість обладнання і значні експлуатаційні витрати кондиціювання у вакуумі не знайшло широкого розповсюдження.

Метод гарячого кондиціювання при надлишковому тиску засновано на використанні насиченої водяної пари для зволоження і нагріву зерна, що дає можливість уникнути впливу зовнішнього повітряного середовища. Цей метод проводиться за двома варіантами: кондиціювання при підвищених теплових режимах (швидкісне кондиціювання) і кондиціювання при понижених теплових режимах.

Кондиціювання при підвищених теплових режимах здійснюють в апаратах швидкісного кондиціювання (АШК) в умовах надлишкового тиску насиченої пари 0,10...0,15 МПа і тривалості часу пропарювання 20...30 с.

Кондиціювання при понижених теплових режимах можливо проводити як в апаратах швидкісного пропарювання, так і в простих парових апаратах (парові колонки, вертикальні пропарювачі і ін.) при тиску насиченої пари 0,01...0,05 МПа і тривалості пропарювання протягом 2...3 хв. подальшим, наступним прогріванням зерна в теплоізолюваному бункері. Цей метод простіший за швидкісне

кондиціювання і не поступається йому за ефективністю.

Ефективність процесів воднотеплової обробки зерна оцінюють такими борошномельними показниками, як вихід і якість проміжних круподунстових продуктів з перших двох-трьох крупоутворюючих систем, якість борошна 70-відсоткового виходу, вимелюваність зерна і питомі витрати електроенергії, а також хлібопекарськими показниками: вихід і якість клейковини, об'ємний вихід формового і розпливчатість череневого хліба. Ці показники борошномельних і хлібопекарських властивостей зерна вважають прямими, вони забезпечують комплексну оцінку різних методів і режимів ВТО за кінцевими результатами. Існують також побічні показники, які також характеризують ефективність ВТО зерна: зміна міцності зерна, вологості, натури, густини, склоподібності і ін.

*Фактори, що впливають на ефективність воднотеплової обробки зерна.* На ефективність воднотеплової обробки зерна впливають як самі методи і умови обробки (режими), так і вихідні технологічні властивості зерна. Основні фактори, що визначають ефективність воднотеплової обробки зерна різної якості такі: фактор зволоження, температурний фактор, час обробки і стан повітряного середовища. Кожний метод воднотеплової обробки зерна характеризується обумовленим поєднанням вказаних факторів, а умови і рівні їх застосування складають режим воднотеплової обробки зерна.

Тепловий фактор. Дія цього фактора заснована на прискоренні усіх фізико-хімічних і біохімічних процесів у зерні при його воднотепловій обробці.

Час ВТО зерна. Час воднотеплової обробки зерна залежить від вихідних технологічних властивостей зерна, таких як склоподібність, кількість і якість клейковини, вологість і ін. Час ВТО пов'язаний із швидкістю протікання структурно-механічних і біохімічних процесів у зернівці. Так, для м'якої низькосклоподібної пшениці з борошнистим ендоспермом слід витратити менше часу на ВТО ніж для твердої чи м'якої високосклоподібної пшениці, що пов'язано із щільністю ендосперму різного зерна. М'яка низькосклоподібна пшениця має рихлу структуру і тому найвищу швидкість проникання води, а в твердій і м'якій високосклоподібній пшениці, яка має підвищену щільність ендосперму і значну кількість білкових прошарків, навпаки - найменша швидкість проникнення води. По аналогії це ж відноситься і до дрібного і крупного зерна.

## РОЗМЕЛЮВАННЯ ЗЕРНА

- 1. Подрібнення зернових продуктів.**
- 2. Сортування продуктів розмелу.**
- 3. Збагачення проміжних продуктів.**

**1. Подрібнення зернових продуктів.** *Призначення, методи і показники ефективності процесу здрібнювання.* Процес здрібнювання зернових продуктів при виробництві борошна є найважливішим, оскільки він суттєво змінює кількісно-якісну характеристику зернових продуктів і впливає на вихід і якість борошна. Здрібнювання - це процес розділення твердих тіл на частки під дією зовнішніх сил. Розрізняють два види здрібнювання: просте, при якому тверді тіла руйнуються на частки рівномірно для одержання однорідної суміші і вибіркове, при якому неоднорідні за своїм складом тверді тіла руйнуються для виділення певних частин, що входять до складу даного твердого тіла.

При виробництві борошна просте здрібнювання використовують для одержання оббивного борошна, при якому всі анатомічні частини зерна здрібнюються рівномірно до заданої крупності. характерної для оббивного борошна. Вибіркове здрібнювання застосовують при складних помелах зерна для виділення максимальної кількості ендосперму в найбільш чистому виді і переробці його потім у борошно.

При складних помелах пшениці і жита основні вимоги до процесу здрібнювання полягають в одержанні максимальної кількості проміжних продуктів у вигляді крупок і дунстів, ефективному їх збагаченню і здрібнюванню потім в борошно, а також у вимелі оболонкових продуктів від залишків ендосперму в них.

Структура технологічного процесу здрібнювання зернових продуктів при сортових помелах пшениці, які є найбільш розповсюдженими, складається з трьох етапів: крупоутворення проміжних продуктів першої і другої якості з вимелюванням оболонкових продуктів (драний процес), збагачення проміжних продуктів (шліфувальний процес), тонке здрібнювання збагачених проміжних продуктів з вимелюванням оболонкових продуктів (розмельний процес).

Ефективність процесу здрібнювання, як по окремих етапах, так і

по всьому технологічному процесу розмелу зерна, в значній мірі визначає стан виробництва борошна в цілому: раціональне використання зерна, устаткування і енергії, вихід і якість борошна і техніко-економічні показники виробництва.

Методи здрібнювання зернових продуктів в борошномельному виробництві засновані на використанні таких деформацій, як стиск, зсув (зріз), удар, стирання. Для здрібнювання зернових продуктів в борошномельному виробництві застосовують такі машини: вальцьові верстати; бичові і щіткові подрібнювані; ентолейтори і деташери.

Ефективність процесу здрібнювання зернових продуктів визначається сукупністю кількісних, якісних і енергосилових показників. Кількісні показники процесу здрібнювання:

- загальне вилучення продукту  $B_0$ , що характеризує кількість проходової фракції через певний номер сита  $v$ ;

- часткове вилучення продукту ( $B_{v1}/B_{v2}$ ), що характеризує частину загального вилучення і є його фракцією, яка одержана проходом через сито  $v_1$  і сходом з сита  $v_2$  (наприклад, крупна крупка 7/12);

- коефіцієнт загального або часткового вилучення ( $K_v$ ):

$$K_v = \frac{B_k - B_n}{100 - B_n} 100, \text{ де}$$

$B_k$  - кількість вилученої проходової фракції через певний номер сита після здрібнювання продукту, %;  $B_n$  - кількість вилученої проходової фракції через те ж саме сито до здрібнювання продукту, %.

- величина відносної деформації ( $\&$ ):

$$\& = \frac{S - S_n}{S_n} \text{ де}$$

$S$  - кінцева сумарна поверхня частинок зернової суміші після здрібнювання;  $S_n$  - початкова сумарна поверхня частинок зернової суміші до здрібнювання.

Кількісні показники ефективності здрібнювання використовують диференційовано на різних етапах технологічного процесу. Так, показник загального вилучення ( $B_1$ ) використовують для оцінки ефективності крупоутворюючих систем (I...III др.с.), на яких одержують проміжні продукти майже всіх класів крупності, На інших

етапах здрібнювання (шліфувальний і розмельний процеси, процес вимелювання оболонкових продуктів) для оцінки їх ефективності використовують показник часткового вилучення (вихід борошна), хоча можлива оцінка і за іншими кількісними показниками.

Для найбільш повного уявлення про ефективність процесу здрібнювання визначають такі показники, як коефіцієнт вилучення ( $K_v$ ) і величину відносної деформації ( $\delta$ ), які показують відносний приріст кількості вилученого проходового продукту або його нової поверхні з урахуванням кількісної оцінки продукту до здрібнювання.

#### Якісні показники процесу здрібнювання:

- зольність, як відносний показник різних продуктів, що вилучаються із зернового продукту після здрібнювання;
- колір борошна і деяких проміжних продуктів;
- вміст клейковини в різних проміжних продуктах;
- вміст крохмалю в оболонкових продуктах.

Зольність широко використовують для оцінки якості проміжних продуктів (крупок, дунстів і борошна), а також оболонкових (сходових) продуктів як відносний показник якості, оскільки він залежить від зольності зерна, що переробляється, і його анатомічних частин. Колір борошна визначається на кольоромірі і є оперативним показником споживчої якості. Вміст клітковини в зернових продуктах є найбільш повним показником їх якості, але цей показник використовують в практиці рідко із-за складності і тривалості аналізів. Вміст крохмалю в оболонкових продуктах визначають на поляриметрі. Цей показник найбільш повно оцінює ефективність вимелювання оболонкових продуктів. Оскільки крохмаль вміщується в основному в ендоспермі, то його наявність в оболонковому продукті свідчить про залишок ендосперму в цьому продукті.

#### Енергосилові показники процесу здрібнювання:

- питомі витрати електроенергії на одержання одиниці певного продукту (наприклад борошна);
- питомі витрати електроенергії на приріст нової поверхні здрібнених зернових продуктів;
- питомі витрати електроенергії на здрібнювання зразка зерна до визначеної крупності.

Показник питомої витрати електроенергії на одержання одиниці певного продукту зручно використовувати як для відносної, так і для абсолютної оцінки ефективності здрібнювання зерна за енерговитратами. Питомі витрати електроенергії на приріст нової

поверхні здрібнених зернових продуктів найбільш повно оцінює процес здрібнювання за енерговитратами, але визначення приросту поверхні дуже складне і тому цей показник використовують, в основному, в наукових дослідженнях. Питомі витрати електроенергії на здрібнювання зразка зерна до певної крупності використовують для оцінки розмелоздатності окремих сортів при розмелі 1 кг зерна.

**2. Сорткування продуктів розмелу.** *Призначення і показники ефективності процесу сорткування.* В результаті послідовного здрібнювання зерна і зернових продуктів з них утворюються нові частки, які відрізняються одна від одної за розмірами, крупністю, формою, густиною, аеродинамічними і фракційними властивостями. Така розрізнюваність отриманих продуктів (часток) пов'язана з неоднорідністю зерна. При його здрібнюванні з'являються окремі частки із ендосперму, оболонки, зародка, чи змішані з ними.

Оскільки основною технологічною операцією при сортових помелах пшениці і жита є виділення часток ендосперму в найбільш чистому вигляді, то отримана після здрібнювання суміш зернових продуктів підлягає розділенню (сепаруванню) на більш однорідні за властивостями фракції. Фракція - це частина вихідної суміші продуктів, яка отримана в результаті її сепарування має відносну однорідність за якимись ознаками чи властивостями.

Для забезпечення відносної однорідності здрібнених зернових продуктів найбільш ефективно застосувати сепарування суміші за розмірами (крупністю) на ситах. Цей процес здійснюють у розсійниках на горизонтально-розташованих ситах і називають сорткуванням. Сита в розсійниках встановлюють такими, щоб отримати однорідні за крупністю фракції незалежно від того, на якій системі здрібнювання вони отримані. Це важливо для того, щоб в подальшому можна було об'єднувати однорідні фракції з різних систем і разом їх обробляти (збагачувати, здрібнювати). Розсортовані у розсійниках здрібнені зернові продукти підрозділяють на дві групи, які відрізняються за крупністю і якістю: сходові і проміжні. Сходові продукти отримують, як правило, сходом з верхніх сит розсійників і направляють в основному на наступні системи здрібнювання, а проміжні вилучають на кожній системі, як основні продукти, і направляють їх для дальшої обробки. Взагалі, якщо фракція отримана сходом з якогось сита, то її називають сходовою, а якщо проходом - то проходною, незалежно від того, на якій наступній системі вона

буде оброблятися.

Ефективність сортування здрібнених зернових продуктів характеризується повнотою і чіткістю їх розділення на фракції і однорідністю отриманих фракцій. Основними показниками ефективності сортування продуктів розмілу зерна на ситах прийняті: коефіцієнт вилучення прохідного продукту і коефіцієнт недосіву. Коефіцієнт вилучення певного прохідного продукту через визначене сито чи групу сит характеризує повноту видалення даного компонента (фракції) із зернової суміші і визначається як співвідношення кількості виділеного компонента (фракції) до загальної кількості того ж компонента (фракції), що знаходилась у вихідній суміші зернових продуктів до їх сортування:

$$\mu = \frac{P_x}{P_o} 100 (\%), \text{ де}$$

$P_x$  - кількість виділеного компонента (фракції), %;  $P_o$  - загальна кількість того ж компонента (фракції) у вихідній суміші, %.

Недосівом ( $P_n$ ) називають ту частину прохідного компонента (фракції) суміші, яка в результаті сортування не просіялась через сито і залишилась у сходовій фракції.

$$P_n = P_o - P_x$$

Співвідношення

$$\epsilon = \frac{P_n}{P_o} 100 (\%)$$

називають коефіцієнтом недосіву. Між цим коефіцієнтом і коефіцієнтом вилучення прохідного продукту існує взаємозв'язок. Оскільки  $P_n = P_o - P_x$ ,

$$\text{то } \mu = \frac{P_o - P_n}{P_o} = 1 - \frac{P_n}{P_o} = 1 - \epsilon$$

Для оперативної оцінки ефективності сортування продуктів розмілу в розсійниках в умовах виробництва найчастіше використовують показник недосіву. Для цього необхідно взяти наважку 100 г сходової фракції з якогось сита і просіяти її ще раз протягом 5 хв. на

ситі такого ж номера. Кількість отриманого проходowego продукту і буде недосівом по відношенню до даного сита.

Розсійники типу ЗРШ-М суттєво відрізняються від розсійників РЗ-БРБ за конструкцією шафів, приводу, ситових рамок і очищувачів, а також за технологічними схемами просівання.

Основним робочим елементом розсійника є ситовий канал, до складу якого входить горизонтально-розташоване сито, дві дерев'яні продовжні боковини і одна поперечна стінка з боку надходження продукту. Ситовий канал здійснює рівномірний круговий коливальний рух із заданими частотою і радіусом ексцентриситету. В ситовий канал безперервним потоком подається вихідна зернова суміш зернопродуктів для сортування, в результаті чого на ситі утворюється шар продукту, товщина якого поступово зменшується від прийому до виходу продукту із каналу. Переміщення продукту вдовж каналу забезпечується підпором продукту, що надходить до каналу.

Ефективність сортування продуктів розмелу зерна у розсійниках обумовлюється багатьма факторами, що впливають на результати сортування. Це відносна швидкість руху продукту по ситі, швидкість проходження продукту по ситі від прийому до виходу, питома навантаження продукту на сито, фізичні властивості продукту, характер і стан поверхні сит, їх очистка, кінематичні і геометричні параметри розсійника, аспірація сит і ін.

Основні умови сортування продуктів розмелу зерна на ситах обумовлені відносним переміщенням продукту по ситі, яке здійснює коливальний рух в горизонтальній площині. Кількість коливань сита, при якому починається переміщення часток вихідного продукту по ситі, називають критичним. В.В. Гортінський із співробітниками встановив, що зерновий продукт переміщується по ситі пошарово з різними швидкостями. Найбільшу відносну швидкість при цьому мають верхні шари продукту, а найменшу - нижні шари, що пов'язано із збільшенням числа зв'язків часток продукту, що знаходяться в нижніх шарах зернової суміші, а також зростанням сил опору відносному зсуву часток продукту із-за збільшення сил тертя в нижніх шарах. Періодично діючі сили на продукт, що знаходиться на ситі, із-за коливального характеру руху, викликають не тільки пошарове переміщення часток продукту, але й послаблення зв'язку між ними. Це призводить до самосортування продукту. При цьому частки з більшою густиною переміщуються в нижні шари



безпосередньо до сита, а частинки з меншою густиною - у верхні шари зернової суміші. В межах кожного шару продукту проходить також перерозподіл часток за крупністю. Дрібні частки з найбільшою густиною розташовуються ближче до сита, а крупні з такою ж густиною - над ними. Якщо зерновий продукт складається з часток з однаковою густиною, то в ньому випадку самосортування проходить в основному за крупністю.

Окрім густини і крупності часток зернової суміші на їх самосортування впливають ще й такі фактори, як форма і стан поверхні часток, вологість і інші фізичні властивості продукту.

Для досягнення критичного числа коливань сита, розташованого в горизонтальній площині, необхідно забезпечити йому відносно прискорення, яке також називають критичним і записують як:

$$(\omega^2 R)_{кр.1} = g f_0, \text{ де}$$

$\omega$  - кутова швидкість поверхні сита, при якій починається переміщення верхнього шару продукту;  $R$  - радіус коливань сита;  $f_0$  - коефіцієнт опору зсуву верхнього шару продукту.

Якщо прискорення поверхні сита менше критичного, то зернова суміш рухається разом з ситом, тобто її відносна швидкість дорівнює нулю. При збільшенні прискорення сита і досягнення першого критичного починається рух верхнього шару, який мовби відстає від розташованих нижче нього шарів. При дальшому збільшенні прискорення сита у відносний рух вступають послідовно нижче розташовані шари продукту, відносний рух нижнього шару продукту, що знаходяться безпосередньо на ситі, починається по досягненні другого критичного прискорення за умов, коли приведений коефіцієнт тертя нижнього шару продукту по ситі більше дійсного коефіцієнта тертя:

$$(\omega^2 R)_{кр.2} = g f_{пр}, \text{ де}$$

$\omega$  - кутова швидкість поверхні сита, при якій починається переміщення нижнього шару продукту;  $R$  - радіус коливань сита;  $f_{пр}$  - приведений коефіцієнт тертя нижнього шару продукту по ситі.

Приведений коефіцієнт тертя нижнього шару продукту пропорційно пов'язаний з силою тертя, що виникає між поверхнею сита і нижнім шаром продукту, і залежить від маси продукту, що знаходиться на ситі.

По досягненні другого критичного прискорення сита спостерігається максимальна інтенсивність пошарового руху продукту, яка забезпечує найбільш високу технологічну ефективність сортування. Дальше підвищення прискорення сита знижує інтенсивність пошарового переміщення продукту із-за послаблення взаємозв'язку його часток.

В процесі сортування частки продукту, які за своїми розмірами можуть бути просіяні через дане сито (проходові частки), повинні виконати дві умови за переміщенням: по-перше, вони повинні пройти через товщу продукту і досягти поверхні сита (необхідна умова), а по-друге, вони повинні потрапити в отвори сита і просіятись (достатня умова). Виконанню вказаних умов за переміщенням сприяє пошаровий рух продукту, його розшарування і самосортування. Тому існує оптимальна швидкість відносного руху продукту по ситі, при якій найбільша кількість проходових часток досягне поверхні сита і просіється через нього. При збільшенні відносної швидкості часток нижнього шару понад оптимальну порушується взаємозв'язок часток продукту і вони не завжди попадають в отвори сита і тому не встигають просіятись.

На ефективність просівання проходових часток значно впливає виявляє товщина продукту на ситі. Встановлено, що найвища ефективність просівання спостерігається при товщині продукту на горизонтальному ситі 14...20 мм. Збільшення товщини призводить до утруднення проникання проходових часток через товщу продукту і зниження його самосортування, а зменшення товщини продукту впливає на порушення взаємозв'язку проходових часток продукту з поверхнею сита, що знижує вірогідність їх попадання в отвори сита і просівання.

Швидкість переміщення зернового продукту по ситі пов'язана з часом його перебування на ситі і характеризує продуктивність розсійників. Швидкість переміщення продукту на горизонтальних ситах регулюється застосуванням гінців у пакетних розсійниках ЗРМ, або підпором продукту (шафові розсійники). При цьому на різних ситових сепараторах швидкість переміщення продукту по ситі вибирають такою, щоб забезпечити максимальну продуктивність сортування при високій технологічній ефективності.

На ефективність сортування впливає здатність зернового продукту до самосортування, яка залежить від її відносної крупності, густини, вологості і інших фізичних властивостей. Ефективність

сортування на ситах залежить також від подільності суміші за розмірами і відносної концентрації проходових часток у вихідній суміші, яка впливає на вибір кінематичних і геометричних параметрів сита, його продуктивність. Підвищення концентрації проходових часток в зерновій суміші позитивно впливає на ефективність сортування, тому в практиці завжди прагнуть збільшити концентрацію проходових часток відносно кожного сита, застосовуючи відповідні схеми просіювання в розсійниках.

Ефективність сепарування залежить також від стану поверхні сита, його очистки і аспірації. Поверхня сита повинна бути рівною, без ворсу і без вм'ятин (для решітних сит), оскільки вказані дефекти знижують ефективність сортування. В процесі сортування на ситах проходові частки, розмір яких близький до розмірів отворів сита, застряють в отворах, зменшуючи тим самим живий переріз сита. Тому необхідна постійна і інтенсивна очистка сит, для чого застосовують різні очисні пристрої. До розсійників надходять підігріті на вальцьових верстатах здрібнені зернові продукти, в результаті чого виникає можливість конденсації вологи на поверхні сит і їх залипання. Для запобігання цього негативного явища розсійники аспірують для їх обезпилення і охолодження продукту.

*Технологічні схеми сортування продуктів розмелу зерна і схеми розсійників.* На різних етапах і системах технологічного процесу склад проміжних продуктів за крупністю неоднаковий і різна їх якість. Тому для їх сортування застосовують різні технологічні схеми в розсійниках. Технологічна схема сортування зернових продуктів у розсійниках характеризує певну послідовність руху суміші продукту по ситах розсійника і кількість отриманих проходових і сходових продуктів (фракцій). Сита в розсійниках компонують групами. Кожна група однорідних сит виконує певну технологічну операцію і розподіляє продукт на дві фракції: сходову і проходову. Одна із одержаних фракцій обов'язково виводиться із розсійника, а друга направляється для подальшого сортування на наступну групу сит, що розташована нижче. Винятком з цього є остання група сит, з якої виводять обидві одержані фракції: сходову і проходову.

**3. Збагачення проміжних продуктів** *Призначення, методи і показники ефективності збагачення проміжних продуктів.* При сортових помелах пшениці проміжні продукти різних класів крупності (крупки і дунсти), які одержані при первинному здріб-

нюванні зерна на етапі крупоутворення, неоднорідні як за крупністю, так і за добротністю. Добротність проміжних продуктів характеризується відносним вмістом в них ендосперму і оболонки, її можна визначити за зольністю кожного зернового продукту певного класу крупності, оскільки зольність борошністого ядра ендосперму, із якого в основному утворюються проміжні продукти - 0,36...0,60 %, а зольність оболонки - 6,0 - 9,0 %. Тому, чим більше зольність проміжного продукту, тим нижча його добротність через те, що в них більше високозольних оболонки. Це виходить з того, що при сортових помелах пшениці основною метою є вилучення із зерна ендосперму в найбільш чистому вигляді з подальшим його розмелом у борошно.

На етапі крупоутворення вилучити ендосперм у чистому вигляді не вдається, тому у кожному проміжному продукті поряд з частками ендосперму присутні частки оболонки. У кожному класі проміжних продуктів співвідношення ендосперму і оболонки різне: у крупних проміжних продуктах оболонки більше, а у дрібних - менше. Із досвіду роботи багатьох борошномельних заводів сортового помелу відомо, що зольність крупної крупки (7/12) - 1,2...1,7 %, середньої крупки (12/17) - 0,9...1,4 %, дрібної крупки (17/23) - 0,7...1,0 %, жорсткого дунсту (23/29) - 0,6...0,9 %. Наведені показники якості проміжних продуктів щодо зольності свідчать про те, що вони складаються як із часток ендосперму, так і з часток оболонки. В суміші кожного проміжного продукту зустрічаються як вільні, відокремлені частки ендосперму і оболонки, так і такі, що зрослися (зростки). Оскільки вільні частки ендосперму і оболонки розрізняються за аеродинамічними властивостями і густиною, то вони можуть бути розділені в сепараторах, що використовують вказані ознаки. Так, швидкість витання високозольних часток оболонки у 2...4 рази нижча, ніж часток ендосперму. Якщо густина часток ендосперму складає 1,44...1,48 мг/мм<sup>3</sup>, то густина часток із оболонки - 1,35...1,39 мг/мм<sup>3</sup>.

Враховуючи, що проміжні продукти одержують в результаті багаторазового здрібнювання зерна на різних крупоутворюючих системах, співвідношення в них часток оболонки і ендосперму неоднакове. За цим співвідношенням розрізняють проміжні продукти першої і другої якості. Продукти першої якості утворюються на системах первинного здрібнювання зерна і складаються, в основному, із внутрішніх шарів ендосперму з домішками оболонки, їх зольність в

1,5...2,0 рази перевищує зольність борошнистого ядра ендосперму. Проміжні продукти другої якості відносяться до більш дрібних фракцій, вони складаються із периферійних шарів ендосперму з домішкою оболонки і тому вони мають більшу зольність, ніж проміжні продукти першої якості.

Враховуючи неоднорідність проміжних продуктів розмелу зерна за різними ознаками і властивостями, виникла необхідність їх збагачення при сортових помелах шляхом вилучення оболонкових продуктів з метою поліпшення якості борошна. Для цього було запропоновано кілька методів, які лягли в основу розробки відповідних машин. Це сортування падаючого потоку крупок боковим продуванням, сортування крупок концентричним розсіюванням, сортування крупок гальмуванням просівання часток низької добротності. Перші два методи широкого використання не знайшли із-за низької продуктивності і громіздкості машин. Найбільш ефективним виявився третій метод.

Для сортування проміжних продуктів розмелу зерна (крупок і дунстів) за добротністю в борошномельному виробництві повсюдно використовують комбінований метод сортування за крупністю, густиною і аеродинамічними властивостями компонентів проміжних продуктів, який називається збагаченням крупок і дунстів. Цей метод застосовують в ситовіальних машинах, які відносяться до типу вібропневматичних сепараторів.

Основний принцип розділення проміжних продуктів за добротністю в ситовіальних машинах полягає в тому, що вихідна суміш крупок або дунстів, яка надійшла на похиле сито машини, що коливається, продувається висхідним повітряним потоком. В результаті псевдозрідження проміжного продукту на ситі він набуває властивостей текучості, що прискорює його самосортування і переміщення по ситі від прийому до виходу. Виникає розшарування вихідної суміші на ситі, при якому легкі оболонкові частки розташовуються у верхніх шарах суміші, а важкі частки ендосперму - у нижніх шарах, безпосередньо на поверхні сита, що сприяє ефективному їх просіванню. При цьому повітряний потік, пронизуючий отвори сита, постійно підтримує стан псевдозрідження на ситі і проявляє гальмуючий вплив на частки проходової фракції відносно даного сита. Мірою гальмування часток різної якості може бути співвідношення швидкості повітряного потоку в отворах сита ( $V_c$ ) до швидкості витання даної проходової частки ( $V_{\text{вит}}$ ):

$$\frac{V_c}{V_{\text{сита}}} = C$$

При цьому співвідношенні проходові частки, що знаходяться на ситі, можна розділити на три групи: тяжкі ( $C < 1$ ), легкі ( $C > 1$ ) і проміжні ( $C = 1$ ). Швидкість повітряного потоку в отворах сита необхідно підібрати такою, щоб вона не перешкоджала просіванню через сито тяжких часток ендосперму і була достатньою для гальмування просівання легких оболонкових часток. Швидкість повітряного потоку не слід підвищувати вище деякої межі, щоби не збільшити кількість легких і дрібних пиловидних фракцій, які відносяться повітряним потоком в осадкові камери або фільтри. Таким чином, для кожної групи однорідних за якістю часток проміжних продуктів є оптимальна швидкість повітряного потоку.

В результаті сепарування проміжних продуктів розмелу зерна в ситовіальних машинах через сито просіваються найбільш добротні проходові частки ендосперму, а на ситі залишаються як сходові, так і проходові частки низької добротності (оболонкові). Легкі і дрібні пиловидні частки виносяться повітряним потоком і виділяються у фільтрах.

Технологічна ефективність сепарування за добротністю визначається кількісними і якісними показниками сукупно. Основним кількісним показником є ступінь виділення збагачених крупок. Для цього використовують коефіцієнт вилучення проходу:

$$\mu_1 = \frac{P_x}{P_o} 100, \text{ де}$$

$P_x$  - виділена кількість збагачених крупок після сепарування, %;  $P_o$  - загальна кількість проходової фракції у вихідній суміші крупок, %.

Використовують також більш загальний показник ефективності, який враховує вихід збагачених крупок відносно навантаження на ситовіальну машину ( $Q$ ):

$$\mu_2 = \frac{P_x}{Q_o} 100$$

Якісними показниками сепарування за добротністю служать: зольність проходового і сходового продуктів; кількість крохмалю в сходовому продукті, яка характеризує кількість ендосперму, що залишилася в сходовому продукті; кількість клітковини в сходовому продукті, що характеризує чистоту оболонкових часток в сходовому продукті.

Для повної і об'єктивної оцінки технологічної ефективності сепарування за добротністю необхідно використовувати і враховувати кількісні і якісні показники одночасно. Інколи застосовують узагальнені кількісно-якісні показники для оцінки ефективності збагачення. До них відносять:

$$K_1 = \frac{Z_x}{P_x}, \text{ де}$$

$Z_x$  - зольність збагачених крупок, %;

$$K_2 = P_x \frac{Z_o}{Z_x}, \text{ де}$$

$Z_o$  - зольність вихідної суміші крупок, що надходять до ситовійки, %.

Для оперативного контролю ефективності сепарування крупок за добротністю в умовах виробництва використовують органолептичний метод, заснований на зрівнянні кольору збагачених крупок з кожного сита з еталоном, який заздалегідь готують для кожної партії зерна, що переробляється.

Ефективність сепарування крупок за добротністю в ситовіальних машинах повинна відповідати таким вимогам: зольність сходових продуктів з ситовіальних машин повинна перевищувати зольність вихідної суміші крупок у 2,5...3,0 рази при збагаченні крупної крупки і в 2,0...2,5 рази при збагаченні середньої і дрібної крупок; зольність збагачених крупок першої якості, які направляються для подальшого збагачення на шліфувальні системи, повинна бути не більше 1,20; 1,00; 0,85 % відповідно для крупної, середньої і дрібної крупок; зольність збагачених дрібних крупок і дунстів першої якості, які направляються на розмельні системи, не повинна перевищувати 0,60 %; зольність збагачених середньої і дрібної крупок другої якості не повинна перевищувати 1,30 %.

*Основи теорії збагачення проміжних продуктів на ситовіальних машинах.* На ефективність збагачення крупок і дунстів впливають наступні фактори: фізичні властивості вихідної суміші крупок, повітряний режим сепарування, питома навантаження на сито, рівномірність розподілу вихідної суміші крупок і дунстів на ситах, кінематичні і геометричні параметри сит ситовійки (кількість коливань, розмір сит, їх довжина і нахил до горизонталі), очистка сит.

Серед фізичних властивостей вихідної суміші крупок найбільші

важливими для ефективного їх збагачення є гранулометричний склад, аеродинамічні і фрикційні властивості крупок, які значно впливають на вибір сит певних розмірів і режимів повітряної обробки крупок. Ефективність збагачення крупок тим вища, чим однорідніша вихідна суміш за крупністю. Тому на ситовіальну машину доцільно направляти суміш крупок, що складається не більше чотирьох - п'яти класів крупності, які практично можливо розрізнити, оскільки сучасні ситовіальні машини мають чотири - п'ять сит в кожному ярусі по довжині ситового корпусу. Так, наприклад, крупна крупка, що має розмір класового інтервалу, визначеного проходом капронового сита № 7 і сходом з сита № 12, вміщує п'ять класів крупності, які можливо розрізнити (7/8, 8/9, 9/10, 10/11, 11/12). Якщо суміш проміжних продуктів складається з більш ніж п'яти класів крупності, то для такої суміші важко підібрати сита в ситовійці і тому ефективність її збагачення знижується. Особливі складності виникають, якщо неоднорідність суміші пов'язана з наявністю в ній дрібних фракцій проміжного продукту (дунстів, борошна) поряд з крупними фракціями. Тому проміжні продукти, що надходять до ситовійок з крупоутворюючих систем, слід ретельно сортувати з метою забезпечення необхідної однорідності. Ефективність збагачення крупок і дунстів у ситовійках підвищується також в разі значної відмінності аеродинамічних властивостей компонентів, що входять до складу вихідної суміші крупок, тобто чим більше вільних часток оболонки і ендосперму знаходяться в суміші і чим менше вміст часток - зростків, в яких оболонки зрослися з ендоспермом. Аналогічно впливає і відмінність часток суміші за густиною.

Повітряний режим збагачення крупок і дунстів є важливим фактором, що впливає на ефективність цього процесу. Підвищення швидкості повітряного потоку в отворах сита впливає на зменшення виходу збагачених крупок при одночасному покращанню їх якості, оскільки в умовах зростання гальмуючого діяння повітряного потоку через сито ситовійки можуть просіятись тільки тяжкі частки ендосперму, які мають високу густину. Тому швидкість повітряного потоку в отворах сита слід приймати оптимальною для кожної вихідної суміші крупок або дунстів, через те що вона пов'язана із швидкістю фільтрації повітря через шар продукту, що знаходиться на ситі, і винесенням легких і дрібних часток суміші в осадову камеру або фільтр. Повітряний режим ситовійки нормують диференційовано для різних видів крупок і дунстів. Так, для ситовіальних машин марки



ЗМС при збагаченні крупної крупки приймають витрати повітря 60 м<sup>3</sup>/хв, а при збагаченні середньої, дрібної крупки і дунстів - 50 м<sup>3</sup>/хв на кожну ситовіальну машину. Для ситовіальної машини А1-БСО треба приймати витрати повітря 70 м<sup>3</sup>/хв. Повітряний потік, що відсмоктується від ситовійки, розподіляється по ситах нерівномірно: більша частина проходить через перші сита, що розташовані ближче до прийому, а менша - через останні сита. Це пов'язано з нерівномірним навантаженням сит, воно вище на перших ситах. Розподіл і регулювання повітряного потоку проводиться спеціальними клапанами, що знаходяться у верхній частині осадкових камер, розташованих над кожним ситом.

Надмірне підвищення швидкості повітряного потоку негативно впливає на винесення тонкодисперсної фракції суміші, яка, як правило, складається із часток ендосперму, у осадкові камери, а далі у фільтри. Це завантажує фільтри і зменшує вихід борошна високих сортів, із-за того, що фільтрові відноси направляють на формування борошна низьких сортів.

Навантаження на сита ситовіальної машини пов'язане з товщиною шару продукту, що знаходиться на них, і впливає на умови розшарування суміші на ситах та аеродинамічний режим збагачення. При високому навантаженні на сито погіршуються умови самосортування вихідної суміші крупки, а при пониженому - ефект пошарового розділення суміші не досягається, оскільки легкі оболонкові частки переходять із стисненого стану у вільний і змінюють при цьому швидкість свого витання. В результаті порушується повітряний режим збагачення, погіршується якість збагачених крупки і дунстів, збільшується кількість винесених повітряним потоком легких часток в осадкові камери і фільтри. Тому навантаження на ситовіальні машини нормують для різних крупки і дунстів: крупної крупки - 600...700, середньої крупки - 500...600, дрібної крупки - 300...400, дунстів - 200...300 кг/см-добу для ситовіальної машини А1-БСО. Для машин марки ЗМС навантаження треба зменшувати на 10...15 %. При збагаченні крупки другої якості навантаження зменшують в 1,3...1,5 разів у порівнянні з навантаженням крупки першої якості.

## СТРУКТУРА І ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИСТКИ І ПІДГОТОВКИ ЗЕРНА ДО ПОМЕЛІВ

1. Вимоги до очистки і підготовки зерна перед помелом.
2. Основні технологічні операції очистки і підготовки зерна до помелу.
3. Структура і характеристика технології очистки і підготовки зерна пшениці до сортових помелів.
4. Особливості очистки і підготовки зерна до простих і макаронних помелів.
5. Контроль побічних продуктів і відходів зерноочисного відділення борошномельного заводу.

**1. Вимоги до очистки і підготовки зерна перед помелом.**  
 Технологічні процеси очистки і підготовки зерна до помелу призначені для забезпечення ефективної обробки зернової маси з метою вилучення з неї сторонніх домішок, поліпшення технологічних властивостей і підвищення стабільності показників якості зерна. Очистка і підготовка зерна до помелу включає: формування помельних партій зерна, що складаються з кількох вихідних партій різної якості, очистку зернової маси від сторонніх домішок і очистку поверхні зерна, водотеплову обробку для поліпшення його технологічних властивостей, контроль побічних продуктів і відходів з метою вилучення з них основного зерна.

У відповідності до вимог діючих «Правил» очищене і підготовлене до хлібопекарського помелу зерно пшениці і жита повинно мати:

- вміст смітцевої домішки - не більше 0,4 %, в тому числі куколю - 0,1 %, шкідливої домішки (головні, ріжків, гірчака, в'язелю) - 0,05 %, в тому числі гірчака і в'язелю не більше 0,3 %; наявність в зерновій масі насіння геліотропу, триходесми і мінеральної домішки не допускається;

- вміст зернової домішки у пшениці - зернівок ячменю, жита, а також пророслих зернівок вказаних культур - не більше 4 %, в тому числі пророслих зернівок - не більше 3 %;

- вміст зернової домішки у житі - зернівок ячменю, а також пророслих зернівок ячменю і жита - не більше 4 %, в тому числі

пророслих зернівок - не більше 3 %;

- вміст зернової домішки при оббивних помелах не нормується;
- вологість пшениці II типу при сортових хлібопекарських помелах повинна бути залежно від склоподібності 15...16,5 %; вологість жита при сортових помелах 13,5...15 %; вологість пшениці і жита при оббивних помелах встановлюють із необхідності одержання оббивної борошна стандартної якості за вологістю.

Виходячи із даних вимог до якості очищеного і підготовленого зерна необхідно передбачити в структурі зерноочисного відділення певні технологічні процеси і операції, які б забезпечили задану якість зерна після його очистки і підготовки. Для ефективної очистки і підготовки зерна необхідно також підібрати обладнання, потужність якого повинна на 10...20 % перевищувати потужність розмельного відділення, а також передбачити створення запасів неочищеного зерна безпосередньо в зерноочисному відділенні, щоб забезпечили стабільну роботу борошномельного заводу.

При високій вологості зерна його необхідно підсушити до рекомендованих норм вологості без погіршення технологічних властивостей.

Зерно, що надходить до борошномельних заводів, повинно пройти попередню очистку від домішок в зерносковищах, до його передачі в зерноочисне відділення борошномельного заводу.

З метою підвищення ефективності очистки зерна пшениці від сміттевої і зернової домішок, а також покращання його технологічних властивостей рекомендується відбирати дрібну фракцію зерна в елеваторах і зерносковищах. При відсутності такої можливості допускається відбір дрібної фракції зерна в зерноочисному відділенні борошномельного заводу. Дрібною вважається фракція пшениці, що проходить через решітне сито з отворами 2,0 x 20 мм або 2,2 x 20 мм залежно від крупності пшениці і сходять з сита з отворами 1,7 x 20 мм. Для забезпечення належної ефективності попередньої очистки необхідно вилучити із зернової маси не менше 30 % від загальної кількості дрібної фракції.

**2. Основні технологічні операції очистки і підготовки зерна до помелу.** Необхідні технологічні операції очистки і підготовки зерна до помелу та послідовність їх застосування обумовлені вимогами до очистки зерна від домішок для даного помелу, а також оптимізацією технологічних властивостей зерна. Кожна технологічна

операція виконується на певному технологічному обладнанні. Залежно від виду помелу і прийнятого обладнання «Правила» рекомендують у зерноочисному відділенні борошномельного заводу різні технологічні операції для очистки і підготовки зерна до помелу і їх послідовність.

Передача різних вихідних партій зерна із зерносховища до зерноочисного відділення борошномельного заводу проводиться, як правило, послідовно, по черзі відповідно до розробленої рецептури помельної партії. Вихідні партії зерна різної якості складають окремо в оперативних бункерах для неочищеного зерна. Місткість цих бункерів повинна бути такою, щоб забезпечити безперервну роботу борошномельного заводу не менше 50 годин. Це необхідно для створення умов формування проміжних помельних партій, що складаються з кількох вихідних. Найчастіше це дві, або три проміжні помельні партії, що відрізняються за склоподібністю - відповідно до пшениці, або за вологістю - відповідно до жита. Необхідність складання таких проміжних партій обумовлена диференційованими режимами їх воднотеплової обробки. Для технічного забезпечення складання проміжних партій зерна передбачені необхідні умови: випуск зерна із кожного бункера забезпечує випускне обладнання, що складається із 16 самопливів, які подають зерно у збірну воронку; величину потоку за заданою рецептурою регулює електронний дозатор УРЗ-1, з якого потік зерна надходить у конвеєр-змішувач РЗ-БКШ. До цього конвеєра надходять потоки зерна і з інших бункерів, відповідно до рецептури помельної партії.

Сформовані проміжні партії зерна паралельними чи послідовними потоками подаються до магнітних сепараторів У1-БМЗ для вилучення металомагнітних домішок, які можуть створити небезпечні умови із-за іскроутворення при транспортуванні зерна пневматичним транспортом.

Підігрівання охолодженого зерна проводиться в підігрівниках БПЗ в зимовий період для створення належних температурних умов для воднотеплової обробки зерна. Температуру зерна в підігрівниках доводять до +15°C.

Зважування зерна проводять на автоматичних вагах АД-50-ЗЕ, показання яких використовують для оперативного рахунку зерна, яке направляється на очистку і підготовку до помелу.

Первинне сепарування зерна проводять на сито-повітряних сепараторах А1-БІС-12 або А1-БЛС-12 з метою вилучення із зернової

маси домішок, що відрізняються від зерна за шириною і товщиною, а також за аеродинамічними властивостями.

**3. Структура і характеристика технології очистки і підготовки зерна пшениці до сортових помелів.** Структурні схеми технологічних процесів сучасних борошномельних заводів сортового помелу пшениці підрозділяють на два типи. Це схеми з вологою очисткою поверхні зерна і схеми з сухою очисткою поверхні і відповідним набором технологічних операцій. У структурі кожної схеми можна виділити два основних етапи: первинна очистка і підготовка зерна до помелу і вторинна. Двоетапне побудування і функціонування технологічного процесу очистки і підготовки зерна до помелу обумовлене тим, що технологічне обладнання не забезпечує повного виділення домішок із зернової маси за один пропуск, воднотеплову обробку зерна слід проводити багатократно для забезпечення диференційованого розподілу вологи в кожній зернівці, а також необхідністю дублювання технологічних операцій на випадок можливих порушень в роботі окремого обладнання.

Основним вважають етап первинної очистки і підготовки зерна до помелу. На цьому етапі із зернової маси вилучають 75...85 % усіх домішок і досягають основних змін технологічних властивостей зерна в процесі його кондиціонування. На етапі вторинної очистки і підготовки зерна завершують вилучення із зернової маси залишкових домішок і очистку поверхні зерна, проводять його стерилізацію, а також завершують кондиціонування зерна.

Структурні варіанти схеми технологічного процесу очистки і підготовки зерна до сортових помелів пшениці і жита можуть бути організовані одним потоком, двома і більшою кількістю потоків залежно від виду помелу і потужності борошномельного заводу. Так, для простих помелів пшениці і жита, а також для сортових помелів на заводах невеликої потужності (до 200 т/добу) очистку і підготовку зерна організують одним потоком. Для заводів сортового помелу пшениці і жита, що мають потужність 200...300 т/добу, очистку і підготовку зерна на первинному етапі організують на двох паралельних потоках, а на вторинному етапі - на одному потоці. Борошномельні заводи сортового помелу пшениці з потужністю 500 т/добу і вище мають дві самостійні секції очистки і підготовки зерна по 250 т/добу кожна, які працюють паралельно: одна з них обробляє високосклоподібне зерно пшениці (склоподібність понад 55 %), а

друга обробляє низькосклоподібне зерно (склоподібність до 55 %). В кожній секції первинна очистка і підготовка зерна організована двома паралельними потоками, а вторинна очистка і підготовка - одним потоком. На кожному потоці є можливість обробляти індивідуально кожну проміжну партію зерна, що відрізняється від іншої партії за якістю, шляхом використання диференційованих режимів обробки.

**4. Особливості очистки і підготовки зерна до простих і макаронних помелів.** Структура очистки і підготовки зерна пшениці і жита до простих помелів дещо спрощена із-за понижених вимог до якості борошна простих помелів. Так, зольність оббивної борошна із пшениці і жита допускається до 2,0 %, але не менше, ніж на 0,07 % нижчою від зольності зерна до очистки. Основні вимоги до очистки зерна від домішок і очистки поверхні зерна при простих помелах залишаються такими ж, як і до очистки зерна до сортових помелів за винятком зернової домішки, яка при простих помелах не регламентується. Тому при цих помелах спрощується структура технологічного процесу очистки і підготовки зерна до помелу: підігрів зерна не використовують, застосовують тільки однократне холодне кондиціювання, миття зерна і зволоження його оболонок перед подачею на I драну систему не застосовують.

Для забезпечення належної очистки зерна пшениці і жита, а також його підготовки до помелу характерним є наступний набір і послідовність технологічних операцій: приймання зерна із зерносховища і складання його в бункери для неочищеного зерна, формування потоків зерна, зважування, первинне сепарування у сито-повітряних сепараторах, виділення мінеральних домішок у каменевідбірних машинах, виділення коротких і довгих домішок у трієрах, виділення металомагнітних домішок, очистка поверхні зерна в оббивних машинах або у машинах інтенсивного лушення типу А1-ЗШН, виділення легких домішок у повітряному або ситоповітряному сепараторі, скорочене холодне кондиціювання, зважування і подача на I драну систему. Наведена структура технологічного процесу очистки і підготовки зерна до простих помелів залишається незмінною як для заводів з механічним, так і для заводів з пневматичним транспортом.

При макаронних помелах пшениці структура технологічного процесу очистки і підготовки зерна до помелу суттєво ускладнюється в порівнянні з сортовими хлібопекарськими помелами, що

обумовлюється підвищеними вимогами до якості макаронної борошна. В зв'язку з цим підвищуються вимоги до якості пшениці, яка надходить до борошномельних заводів макаронного помелу її вологість не повинна перевищувати 13 %, кількість зіпсованих зернівок - не більше 0,5 %, вміст зернової домішки допускається до 4 %, в тому числі пророслих зернівок - до 2 %.

Ускладнюється і сама очистка зерна при макаронних помелах. Насамперед слід організувати попередню очистку зернової маси в зерносквищах з метою вилучення не менше 30 % дрібної фракції зерна, що знаходиться у вихідній партії (прохід сит 2,2 x 20 мм і схід 1,7 x 20 мм). У цій фракції знаходяться, як правило, щуплі, недозрілі і потемнілі зернівки, насіння дикорослих рослин і ін. Дрібна фракція зерна для виробництва макаронної борошна не використовується, а переробляється окремо.

Особливості очистки і підготовки зерна до макаронного помелу наступні:

- роздільна очистка і підготовка вихідних партій зерна, що суттєво розрізняються за склоподібністю, засміченістю, крупністю і іншими ознаками якості;

- двократна чи трикратна очистка зерна на сито-повітряних сепараторах з метою забезпечення максимального вилучення із зернової маси смітцевої домішки;

- найбільш повне вилучення із зернової маси вівса і вівсюга, що досягається застосуванням концентраторів разом з трієрами-вівсюговідбірниками;

- застосування оббивних машин з абразивною поверхнею робочого циліндра не рекомендується із-за підвищеного травмування зерна, можливе використання оббивних машин з сітковою поверхнею циліндра, або щіткових машин;

- найбільша технологічна ефективність при підготовці зерна до макаронного помелу досягається при диференційованому розподілі вологи між оболонками і ендоспермом, при якому оболонки стають найбільш зволженими, а ендосперм зберігає скловидну кристалеву структуру;

- при підготовці зерна до макаронного помелу «Правила» рекомендують тільки холодне трикратне кондиціонування: на першому етапі зерно зволожують до 14,0...14,5 % і відволожують - 6...8 год, на другому етапі - зволоження на 1,0...1,5 %, а відволоження 1...2 год, на третьому етапі - проводять поверхневе дозволоження на 0,4...0,6 % з

відволоженням протягом 15...25 хв.; загальна вологість зерна, що направляється на I драну систему, залежно від склоподібності і типового складу коливається в межах 16,0...17,0 %.

**5. Контроль побічних продуктів і відходів зерноочисного відділення борошномельного заводу.** Побічні продукти і відходи, що одержують при очистці зерна, підлягають обов'язковому контролю на наявність в них нормального зерна. До нормального зерна в побічних продуктах і відходах відносять: зернівки пшениці і інших зернових і бобових культур, які за характером пошкоджень не відносяться до сміттевої домішки. До основного зерна в побічних продуктах і відходах відносять цілі зернівки пшениці (при переробці пшениці) або жита (при переробці жита), які одержують сходом з решітного сита 1,7 x 20 мм (для пшениці) і сита 1,4 x 20 мм (для жита) і не відносяться до сміттевої чи зернової домішок.

У побічних продуктах кожної із п'яти категорій обмежується кількість нормального і основного зерна. Так, побічні продукти I категорії допускають вміст нормального зерна в межах понад 70 % до 85 %, а вміст основного зерна - не більше 20 %. До побічних продуктів відносить також борошно кормове і висівки. Мучку кормову одержують тільки при переробці пшениці в борошно і крупу. Усі побічні продукти переробки зерна є кормовими і їх використовують у комбікормовому виробництві або самостійно.

Окрему групу продуктів відносять до відходів. Це дрібні домішки, пил мінерального походження, які отримують проходом нижніх підсівних сит сепараторів, а також прохід першого сита концентратора, вадливі домішки, соломинки і ін. У відходах допускається вміст нормального зерна не більше 2% без наявності основного зерна. Відходи, як правило, не використовують, а зважують і вивозять на смітник. Але, якщо на підприємстві проводять попередню очистку зернової маси від домішок, то отримані в зерноочисному відділенні відходи направляють у кормовий зернопродукт V категорії, включаючи відходи каменевідбірних машин, кукілевідбірників і вівсюговідбірників.

При наявності у побічних продуктах і відходах більшої кількості основного зерна, ніж це в них допускається вони підлягають контролю з метою вилучення із них основного зерна. Один із варіантів структури технологічного процесу контролю побічних продуктів і відходів наведено на рисунку 4. У структурній схемі пе-



редбачено два бурати ЦМБ-3, контрольні трієри-кукілевідбірники і вівсюговідбірники, аспіратор А1-БДА, дробарка, автоматичні ваги, а також комплекс обладнання для очистки мийної води і обробки вологих відходів мийних машин Ж9-БМБ і машини вологого лущення А1-БМШ, якщо такі машини використовують при очистці поверхні зерна. На бурат № 1 направляють для контролю відходи з машин первинної очистки зерна: сепаратора, концентратора, оббивалки, аспіраційних каналів. Проходом металотканого сита № 1,6 вилучають дрібні мінеральні домішки, які зважують і направляють в бункер відходів, але якщо зерно пройшло попередню очистку в елеваторі, то ці відходи можуть бути направлені у побічні зернопродукти залежно від їх якості. Проходом сита № 5,0 вилучають подрібнене зерно, яке через магнітну колонку направляють у молоткову дробарку для дальшого здрібнення. Сходом з сита № 5,0 одержують зерно, крупні і легкі домішки, які направляють до аспіратора, на якому вилучають ціле зерно і повертають його на повторну очистку, а домішки на дробарку.

На бурат № 2 направляють для контролю відходи машин вторинної очистки зерна: оббивалки, повітряного сепаратора і інших. На цьому бураті вилучають такі ж самі продукти, як і на бураті № 1, але якість їх вища і вони усі направляються після контролю у побічні продукти. Деякі види відходів контролюють індивідуально. До таких відходів відносяться відходи каменевідбірних машин, трієрів, а також мийна вода з мийних машин і машини вологого лущення, що і показано на рисунку 4. Контроль вологих відходів і мийної води після машини вологої очистки складається із сепаратора А1-БСТ для контролю мийної води, шнекового преса Б6-БПО для віджимання із вологих відходів води і шнекової сушарки У2-БСО для сушіння відходів.

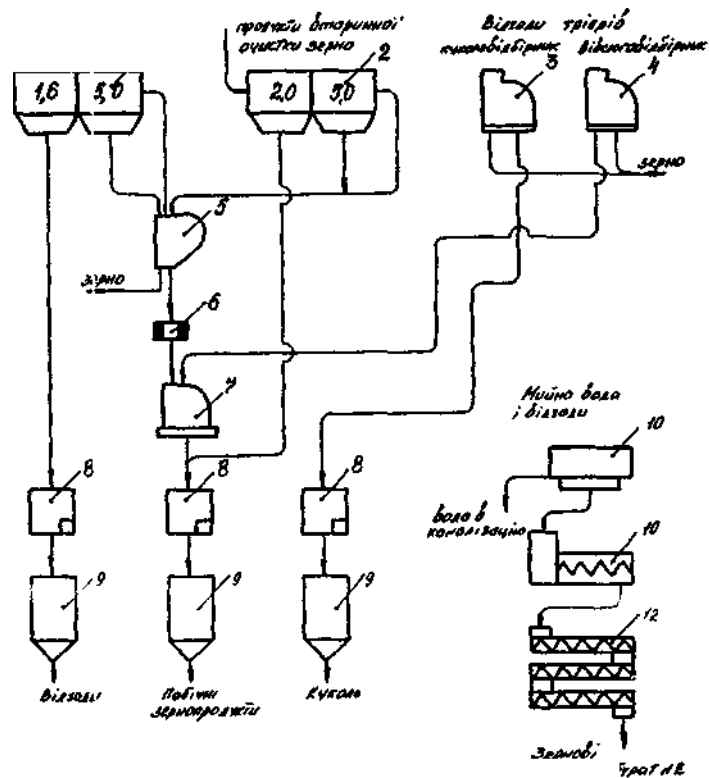


Рис. 4. Технологічна схема контролю відходів: 1 - бурат для відходів первинної очистки зерна; 2 - бурат для відходів вторинної очистки зерна; 3 - контрольний трієр-кукілевідбірник; 4 - контрольний трієр-вівсюговідбірник; 5 - аспіратор А1-БДА; 6 - магнітна колонка БКМА; 7 - молоткова дробарка; 8 - автоматичні ваги; 9 - сепаратор для контролю мийної води А1-БСТ; 10 - шнековий прес для віджимання води Б6-БПО; 11 - шнекова сушарка У2-БСО; 12 - бункери для відходів, побічних продуктів і куколю.

## СТРУКТУРА І ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЙ РОЗМЕЛУ ЗЕРНА

- 1. Загальні принципи побудови структури помелів пшениці і жита.**
- 2. Оббивні помели пшениці і жита.**
- 3. Сортові помели жита.**
- 4. Сортові хлібопекарські помели пшениці.**
- 5. Макаронні помели пшениці.**
- 6. Сортові хлібопекарські помели на млинах малої потужності.**

**1. Загальні принципи побудови структури помелів пшениці і жита.** Усі помели підрозділяють на прості (оббивні) і складні (сортові). За своїм призначенням помели підрозділяють на три групи: хлібопекарські помели пшениці, хлібопекарські помели жита і макаронні помели пшениці.

Технологічні процеси розмелу зерна на сучасних борошномельних заводах за своєю структурою (побудовою) багатостадійні, безперервно-потоківі, які характеризуються поетапною побудовою, складними взаємозв'язками етапів і систем при високій швидкості протікання технологічних процесів переробки зерна. В таких умовах слід передбачати певне резервування деякої кількості систем обробки зернових продуктів з метою повного використання природних ресурсів зерна і одержання борошна високої якості. Прагнення до покращання якості борошна, розширення її асортименту, більш ефективного використання зерна і виробничої потужності борошномельних заводів спричиняють необхідність постійно розвивати і удосконалювати структуру технологій розмелу зерна.

Аналіз структурних варіантів різних технологічних процесів на діючих борошномельних заводах дає можливість зробити висновок про те, що структура технологій виробництва борошна є динамічною системою, що постійно змінюється, удосконалюється. Така її властивість обумовлена нестабільністю якості перероблюваного зерна, зміною вимог до асортименту і якості борошна. На структуру помелів впливають також використання новітніх технологій і прогресивного

обладнання.

Основою для побудови структури сучасних технологічних процесів розмелу зерна служить багаторічна науково-обґрунтована практика, яка узагальнена і викладена в діючих на певний період «Правилах організації і ведення технологічних процесів на борошномельних заводах». Досягнення науки і практики борошномельного виробництва, поява нового вискооефективного технологічного і транспортного обладнання обумовлюють періодичну зміну «Правил», в яких закріплюють досягнуті результати і вони вважаються обов'язковими для усіх борошномельних підприємств. Діючі «Правила» регламентують як основні принципи побудови структури різних помелів, так і технічну характеристику та режим окремих систем технологічного процесу.

Технічна характеристика систем вміщує параметри здрібнювання зернових продуктів по кожній системі. Це кількість рифлів, що приходиться на 1 см кола вальців (якщо вальці нарізні), нахил рифлів до горизонталі, взаєморозташування рифлів, колова швидкість поверхні вальців, співвідношення колових швидкостей вальців. Технічна характеристика систем обумовлює необхідні умови здрібнювання зернових продуктів при різних помелах.

Режим систем визначається певним виходом характерним для даної системи продукту (крупок, дунстів, борошна). Режим деяких основних систем «Правилами» нормується, його дотримання гарантує одержання заданого виходу борошна і його якість.

«Правила» регламентують не тільки основні принципи побудови структури різних помелів, але й дають можливість творчого підходу для удосконалення структури помелів, характеристики і режимів систем з метою більш повного використання зерна і підвищення якості борошна. Використовуючи «Правила» при побудові будь-якого структурного варіанту технологічного процесу розмелу зерна необхідно врахувати вид помелу, асортимент і якість борошна, технологічні властивості зерна, склад технологічного і транспортного обладнання і його характеристику, а також виробничу потужність борошномельного заводу, що проектується.

При розробці структури будь-якого технологічного процесу розмелу зерна слід встановити його загальну принципову структуру по кількості етапів і груп систем, що виконують певні технологічні операції, а також уявити взаємозв'язок поміж ними. Для цього доцільно скористатися побудовою загальної принципової структури

технологічного процесу, в якій вказати тільки його етапи і взаємозв'язок поміж ними, а уже потім, на основі принципової структури, розробляти певний структурний варіант для конкретного помелу.

При побудові структурного варіанта певного помелу доцільно використати послідовний метод прийняття рішень:

Перше рішення полягає в прийнятті кількості певних етапів і їх основних систем обробки зернопродуктів у відповідності з рекомендаціями «Правил» для даного помелу.

Друге рішення - це визначення марки і схеми розсійників для кожної із визначених систем, яке приймається на основі знань існуючих схем розсійників для різних етапів і систем технологічного процесу.

Третє рішення полягає у визначанні нумерації сит для кожної групи сит у розсійниках. Підбір сит доцільно починати з проходових, а потім підбирати сита, які виводять продукти з розсійників сходом. З проходових груп сит отримують борошно або дрібні проміжні продукти, крупність яких відома і тому легко підібрати відповідні сита для вилучення цих продуктів. Сита на сходових групах сит розсійників підбирають з урахуванням режимів систем і крупності сходових продуктів. Нумерація борошнистих сит для різних помелів рекомендується «Правилами».

Четверте рішення відноситься до визначення взаємозв'язку поміж системами і направлення кожного отриманого на перших системах продукту на наступні системи для подальшої обробки. Це рішення є найбільш складним, при побудуванні структури технологічного процесу його необхідно приймати з урахуванням принципової структури, а також рекомендацій «Правил» для даного помелу.

Використання послідовного методу прийняття рішень при побудові структури технологічних процесів розмелу зерна сприяє спрощенню процедури побудування і робить її більш зрозумілою. На основі цього методу в подальшому буде розглянуто побудування структури усіх технологічних процесів розмелу зерна.

**2. Оббивні помели пшениці і жита.** Це прості помели, в яких усі анатомічні частки зернівки здрібнюються в борошно. При оббивному помелі пшениці отримують 96 % борошна і тільки 1 % висівок, а при помелі жита - 95 % борошна і 2 % висівок. Принципова

структурна схема оббивних помелів складається з трьох груп систем з послідовним здрібнюванням сходових продуктів. Кожна група систем відрізняється від іншої якістю зернових продуктів, що на ній обробляються. На першій групі систем обробляють продукти, які близькі за якістю до зерна. На другій групі систем обробляють зернові продукти, які наполовину складаються з ендосперму, а другу половину складають оболонки. На третій групі систем обробляють зернові продукти, що складаються в основному з оболонок із залишком ендосперму. В кожну групу систем можливо включати одну або дві системи, на яких здійснюють здрібнювання зернових продуктів на вальцових верстатах і їх сортування у розсійниках. При побудові структури оббивного помелу пшениці і жита використовуємо метод послідовного прийняття рішень.

Перше рішення відноситься до визначення кількості основних систем. Для цього слід звернутися до «Правил», які рекомендують для оббивного помелу три-чотири системи (в даній структурі - чотири). Система складається із здрібнюючої машини (вальцовий верстат) і просіваючої машини (розсійник), а потім системи об'єднуються в групи таким чином: до першої групи систем, що переробляють кращі за якістю зернопродукти, відносять першу і другу системи, до другої групи - третю систему, а до третьої групи - четверту систему. На етапі первинного здрібнювання зерна ці системи називають драними.

Друге рішення слід прийняти відносно схем розсійників. Оскільки оббивний помел є найпростішим серед інших помелів, то доцільно використати в ньому розсійники ЗРШ4-4М за схемою № 4. Схема №4 спеціально розроблена для оббивних помелів, вона допускає найбільше навантаження на просіваючу поверхню.

Третє рішення стосується встановлення сит на кожній групі. Для прийняття цього рішення слід скористатися «Правилами», в яких рекомендується висівати оббивне борошно проходом металотканих сит № № 09, 067, 063, 060, 056, 053 (по ТУ 14-4-1374-86). Оббивне борошно можливо висівати і через капронові і поліамідні сита, але вони поступаються своєю міцністю металотканим ситам, враховуючи високе навантаження на них і гострі грані крупинок подрібненого зернового продукту. При встановленні сит слід пам'ятати загальне правило - найрідші сита на верхніх групах сит першої системи з подальшим їх згущенням на нижніх групах в зв'язку із зменшенням навантаження продуктом нижніх сит. Згущуються сита також від

першої до останньої системи, що пов'язано із зменшенням крупності продукту і його навантаження на останні системи.

Четверте рішення стосується встановлення взаємозв'язку систем. Це рішення приймається на основі розробленої принципової структури, в якій показано, що сходові продукти усіх систем направляють на наступну систему для подальшої обробки, тільки з останньої системи сходові продукти направляють у висівки, або завертають на останню систему для допоміжного здрібнювання. Щоб не порушувати стабільність технологічного процесу, кількість сходового продукту, що завертається на останню систему, не повинна перевищувати 3 % від кількості зерна, направлено на першу драну систему.

Після побудування структури основних систем помелу приступають до побудування структури допоміжних систем. При оббивному помелі допоміжною системою є система контролю борошна, на якій здійснюється повторне сортування борошна у розсійниках і котра призначається для вилучення із борошна випадкових крупних часток, які можуть попасти до борошна при розриві борошнистих сит. На контрольному розсійнику встановлюють сита, що на один-два номери рідші у порівнянні з ситами, з яких отримане оббивне борошно.

**3. Сортові помели жита.** До сортових помелів жита відносять: обдирний, двосортний (сіяне + обдирне) і сіяний.

*Обдирний помел жита.* Односортний 87-відсотковий помел жита відноситься до складних помелів з послідовно-паралельним здрібнюванням сходових зернових продуктів із попередніх систем на наступних. На етапі первинного послідовного здрібнювання у драному процесі передбачають чотири-п'ять систем, а на етапі паралельного здрібнювання у розмельному процесі одну-дві системи. На системи етапу паралельного здрібнювання направляють проміжні продукти першої і другої драних систем (крупки, дунсти) з метою збільшення виходу тонкодисперсної фракції в обдирному борошні.

Основними системами цього помелу є перша і друга драні системи і перша розмельна. Для них відводиться біля 60 % загальної розмельюючої лінії вальцьових верстатів і 45...50 % просіваючої поверхні розсійників. На цих системах передбачене і найвище питома навантаження продукту. Враховуючи структурно-механічні властивості зерна жита і особливо його міцність, в'язкість прийняті

жорсткі параметри здрібнювання, характерні для низького режиму.

Цей режим забезпечується використанням взаємного розташування рифлів «гострий по гострому», високим нахилом рифлів - 10...12 %, високою коловою швидкістю поверхні вальців - 6...8 м/с, співвідношення колових швидкостей вальців - 2,5. Для підвищення виходу тонкодисперсної фракції обдирного борошна на 1-ій і 2-ій розмельних системах використовують взаєморозташування рифлів «тупий по тупому».

Режим здрібнювання на перших двох драних системах повинен бути таким, щоб забезпечити стабільне завантаження 1-ої і 2-ої розмельних систем в кількості 30...35 % від навантаження на 1-шу драну систему. Тому режим здрібнювання на перших двох драних системах нормують і контролюють просіванням здрібненого продукту через сито № 080: на I драній системі проходовий продукт через сито № 080 повинен бути в межах 45...50 %, а на II драній - 50...55 %. На інших системах налагоджують такий режим здрібнювання, щоб забезпечити максимальний вихід борошна (50...60%). Обдирне борошно одержують у розсійниках усіх систем просіванням через сита № № 27, 29, 32. Потоки борошна з систем обов'язково слід направляти на контрольний розсійник для вилучення крупних зернових часток, що випадково попали у потоки борошна при пориві сит, тощо. У контрольному розсійнику встановлюють сита на один-два номери рідше, ніж у розсійниках систем із-за високого навантаження на цей розсійник. Для інтенсифікації процесу здрібнювання зернових продуктів і підвищення ефективності просівання «Правила» рекомендують використання попереднього сортування продуктів здрібнювання на радіально-бичових машинах аналогічно оббивному помелу. На цих машинах встановлюють решітні сита, такі, як і при оббивному помелі. В результаті попереднього сортування на радіально-бичових машинах сходовий продукт направляється на наступну систему здрібнювання, а проходовий продукт - на розсійник даної системи.

*Двосортний помел жита.* При цьому помелі виробляють одночасно два сорти житнього борошна: сіяне і обдирне із загальним виходом 80 %. Вихід сіяного борошна коливається в межах від 15 до 30 %, а вихід обдирного - 50...65 % без зміни загального виходу. Структура двосортного помелу жита складається із п'яти драних, чотирьох розмельних систем, однієї сортувальної системи, системи



вимелу оболонкових продуктів на вимелюючій машині БВГ з пересівом висівок і двох систем контролю борошна: сіяного і обдирного.

Сіяне борошно одержують на системах, що обробляють кращі за якістю зернові продукти (II др.с., 1 р.с., 2 р.с.) проходом через борошністі сита № № 38, 43, 46, а обдирну - на цих же та інших системах проходом через сита № № 27, 29, 32, 35. Проміжні продукти у вигляді крупок і дунстів з перших двох драних систем направляють для подальшої обробки так: крупніші продукти - на 1 розмельну систему, а дрібніші - на сортувальну систему. Проміжні продукти III драної системи направляють на 3 розмельну систему. Для стабільного завантаження розмельних систем кількість проміжних продуктів, що направляється з драних систем на розмельні, повинна складати 40...45 % від навантаження на I драну систему. Вимел оболонкових продуктів здійснюється на V драній, 4 розмельній системах, а також на вимелюючій системах БВГ і пересіві оболонкових продуктів. На цих системах вилучають залишки ендосперму із оболонкових продуктів у вигляді обдирного борошна, а також одержують висівки. Одержане в робочих розсійниках борошно контролюють в контрольних розсійниках, де встановлюють сита на один-два номери рідші, ніж у робочих розсійниках із-за високого навантаження.

**4. Сортіві хлібопекарські помели пшениці.** До цієї групи помелів відносяться усі помели пшениці, які забезпечують виробництво сортового борошна будь-якого сорту. Це одно-, дво- чи трисортні помели, які розрізняються за наявністю і розвиненістю процесу збагачення проміжних продуктів, розвинутою чи скороченою структурою усього технологічного процесу. На структуру технологічних процесів виробництва борошна впливають також асортимент продукції та характеристика обладнання, що використовується при даному помелі. Серед вказаних помелів найбільше розповсюдження знайшли: односортний із загальним виходом борошна другого сорту 85 %, сортіві помелі за скороченою схемою із загальним виходом різних сортів борошна 75 і 78 %, сортіві помели з розвинутою структурою на традиційному обладнанні, сортіві помели з розвинутою структурою на комплектному обладнанні.

*Односортний помел пшениці.* Серед сортівіх помелів пшениці цей помел є найпростішим. Помел забезпечує виробництво 85 % борошна 2 сорту зольністю до 1,25 %. Структура помелу складається

із чотирьох-п'яти драних систем, п'яти-шести розмельних, двох-трьох систем збагачення на ситовійках, та однієї-двох систем вимелу оболонкових продуктів. Найбільш розповсюджений варіант структури 85 % помелу пшениці. Його структура складається із п'яти драних, п'яти розмельних систем, двох систем збагачення на ситовійках, двох сортувальних та двох вимелюючих систем на БВГ. З метою підвищення ефективності здрібнювання зернових продуктів III драна та 1 розмельні системи підрозділяються на крупні і дрібні підсистеми. Допускається розділення на підсистеми 2 і 3 розмельних систем. При цьому на підсистемі, що обробляє крупніші продукти, використовують рифлені вальці, а на підсистемі де обробляються дрібніші продукти - мікрошорсткуваті.

Основним етапом даного помелу є драний процес, який забезпечує первинне здрібнювання зерна, одержання проміжних продуктів у вигляді крупок, дунстів і борошна, а також вимел оболонкових продуктів з одержанням висівок. Відповідно до якості зернових продуктів, що обробляються на різних системах, драний процес підрозділяється на три групи систем: першої, другої якості і вимелу. До систем першої якості відносять I та II драні системи, на яких вилучається біля 60...70 % проміжних продуктів першої якості, які за зольністю у 1,5...2,0 рази менше зольності зерна. До систем другої якості відносять III та IV драні системи, на яких вилучають 15...20 % проміжних продуктів, зольність яких прирівнюється до зольності зерна, або дещо його перевищує. До систем вимелу відносяться V драна, системи вимелу на БВГ, а також сортувальна система № 2. На цих системах завершується вимел оболонкових продуктів від залишків ендосперму з одержанням борошна і висівок.

Одержані на перших двох драних системах проміжні продукти після вилучення з них борошна направляють на розмельні системи для переробки їх до борошна. З метою покращення якості проміжних продуктів крупніші з них направляють для збагачення у ситовійках, а дрібніші - на допоміжне сортування у розсійниках, де одержують більш однорідні за крупністю фракції і борошно. В разі потреби при цьому помелі можливо виробляти до 2% манної крупки. Для цього суміш крупної та середньої крупки з II драної системи направляють на спеціальну ситовійку (№ 2), з якої і вилучають манну крупку.

Розмельні системи, як і драні, також підрозділяють за якістю продуктів, що обробляють: до систем першої якості відносять 1 та 2 розмельні, до систем другої якості - 3 та 4 розмельні, а вимел

забезпечує 5 розмельна система.

З метою вилучення випадкових домішок усі потоки борошна направляють на контрольний розсійник, в якому встановлюють сита на 1...2 номери рідші ніж у робочих розсійниках систем із-за високого навантаження.

Потоки борошна з усіх систем направляють на контрольний розсійник, на якому встановлюють сита на один-два номери рідші, ніж у робочих розсійниках систем в зв'язку з підвищеним навантаженням на контрольний розсійник. При нормальній роботі контрольного розсійника кількість сходового продукту не повинна перевищувати 2 % від його загального навантаження. Сходовий продукт повертається на одну із передостанніх розмельних систем для подальшої обробки.

*Сортовий помел пшениці за скороченою структурою.* Сортові помели пшениці за скороченою структурою технологічного процесу використовують на млинах відносно невеликої потужності (100...130 т/доб.), які розташовані у малонаселених центрах. На цих млинах виробляють два або три сорти пшеничної борошна із загальним виходом 72...78 %, які повинні повністю задовольнити потреби місцевого населення.

При розробці структури технологічного процесу даного помелу була використана структура 85-відсоткового помелу пшениці з підсиленням етапів збагачення проміжних продуктів на ситовійках та шліфувальних системах, а також вимелу оболонкових продуктів на БВГ.

Структура етапів первинного здрібнювання зерна (драний процес) та сортування проміжних продуктів. Драний процес складається із п'яти систем, з яких II та III драні системи підрозділяються на крупні і дрібні підсистеми з метою переробки однорідних за крупністю продуктів і отримання проміжних продуктів високої якості. Проміжні продукти першої якості одержують на перших трьох драних системах. Особливістю процесу крупоутворення при цьому помелі є вилучення тільки другої фракції крупної крупки проходом сит № 9, 10 та підвищене вилучення середньої і дрібної крупок. З метою збільшення виходу проміжних продуктів у драному процесі і покращання їх якості доцільно проводити плющення зерна перед його подачею на I драму систему. Плющення зерна здійснюється на вальцьовому верстаті з мікрошорсткими вальцями при співвідношенні швидкостей 1:1. Режим плющення високий: кількість проходового продукту через

сито № 080 у плющеному зерні не повинна перевищувати 2...3 %. Завершується драний процес ефективним вимелом оболонкових продуктів на IV, V драних системах, трьох системах БВГ, віброцентрофугалі РЗ-БЦА та сортувальній системі № 4.

**5. Макаронні помели пшениці.** *Особливості виробництва макаронного борошна.* Макаронне борошно виробляють із твердої і м'якої високосклоподібної пшениці. Тверда пшениця, що використовується для виробництва макаронного борошна, не повинна мати у своєму складі більше 15 % м'якої пшениці, а м'яка пшениця повинна мати склоподібність не менше 60 %.

Відповідно до існуючих видів помелів макаронне борошно виробляють при двосортних або трисортних 75-відсоткових і 78-відсоткових макаронних помелах, а також при сортових хлібопекарських помелах пшениці. При макаронних помелах виробляють: макаронне борошно вищого сорту (крупку), макаронне борошно першого сорту (напівкрупку), хлібопекарське борошно другого сорту. При хлібопекарських помелах м'якої пшениці одержують два чи три сорти хлібопекарського борошна і макаронне борошно вищого сорту (крупку). Вихід макаронного борошна, загальний і по сортах, не постійний і залежить як від виду помелу, так і від якості зерна.

Макаронне борошно вищого сорту із твердої пшениці виробляється в основному із часток ендосперму і за крупністю відноситься до розмірів середньої крупки, їх одержують проходом сита № № 14...16 і сходом сит № № 21...25, в ній допускається вміст дрібніших часток (прохід сита № 27), але не більше 12 %. Макаронне борошно першого сорту із твердої пшениці утворюється також із часток ендосперму в тому числі і із периферичних, за крупністю це борошно дрібніше за борошно вищого сорту, його вилучають проходом сит № № 21...25 і сходом з борошнистих сит № № 46...49, в ньому допускається до 40 % борошна (прохід сита № 43). Макаронне борошно обох сортів із твердої пшениці характеризується високими технологічними властивостями і забезпечує високу якість макаронних виробів. В ній вміщується 15...18 % білка і до 35 % клейковини високої якості. При макаронних помелах твердої пшениці одержують 10...20 % хлібопекарського борошна другого сорту, яка характеризується низькою хлібопекарською достойністю, її зольність до 1,75 %, а вміст клітковини біля 2 %. Це борошно самостійно для

випічки хліба не використовують, а лише в суміші з борошном, що вироблене із м'якої пшениці.

Макаронне борошно із м'якої високосклоподібної пшениці поступається за якістю борошну із твердої пшениці: в ній менше білка і клейковини, вона дрібніша за крупністю, її вилучають проходом сит № № 15...18 (вищий сорт) і № № 21...29 (перший сорт).

Оскільки технологічні властивості твердої і м'якої пшениці відрізняються, то використовують різні структурні варіанти технологічних процесів їх переробки в макаронне борошно. Однак загальні принципи побудови технологічних процесів виробництва макаронного борошна залишаються незмінними. Це можна встановити із принципової структурної схеми будь-яких макаронних помелів.

Структура макаронних помелів складається із шести етапів обробки зерна: етап первинного здрібнювання зерна (драний процес), етап сортування проміжних продуктів, етап збагачення проміжних продуктів на ситовійках, етап збагачення крупок на шліфувальних системах (шліфувальний процес), етап вимелу оболонкових продуктів і розмелу дунстів низької якості (розмельний процес), етап контролю макаронного і хлібопекарського борошна.

Кожний із вказаних етапів підрозділяється на групи систем, на яких обробляють різні за якістю зернові продукти: першої якості, другої якості і продукти вимелу. Особливістю принципової схеми макаронних помелів у порівнянні із структурою хлібопекарських помелів є відсутність етапу тонкого здрібнювання проміжних продуктів, оскільки макаронне борошно формують із крупок і дунстів після їх збагачення в ситовійках. Розмельний процес при макаронних помелах забезпечує тільки вимел залишків оболонкових продуктів і здрібнювання дунстів низької якості у хлібопекарське борошно.

Етап первинного здрібнювання пшениці (драний процес), як і при хлібопекарських помелах, призначається для утворення максимальної кількості проміжних продуктів у вигляді крупок. Етап складається із п'яти-шести систем і підрозділяється на три групи систем за якістю продуктів, що на них обробляються. Об'єм крупоутворюючих систем першої якості розширений до чотирьох драних систем з метою збільшення виходу крупок першої якості. Об'єм систем другої якості і вимелу скорочений.

Етап сортування проміжних продуктів призначається для розділення їх на фракції і висіву хлібопекарського борошна. Етап сортування підрозділяється на три групи систем: сортування

продуктів першої якості, другої якості і вимелу. З метою повного вилучення хлібопекарського борошна із фракцій дрібної крупки і дунстів їх повторно сортують у розсійниках. Одержані на етапі сортування окремі фракції крупок і дунстів направляються на ситовійки для збагачення.

Етап збагачення проміжних продуктів на ситовіальних системах при макаронних помелах найбільш розвинутий. На ситовійках збагачують як продукти першої і другої якості, так і частково продукти вимелу для збільшення виходу макаронного борошна. Збагачені на ситовійках крупки і дунсти залежно від їх якості направляються на формування макаронного борошна, або на шліфувальні системи для подальшого збагачення.

Етап збагачення крупок на шліфувальних системах проводиться на вальцьових верстатах шляхом незначного здрібнювання для відділення часток оболонок (зростків) від часток ендосперму з наступним виділенням оболонок на ситовійках. Етап збагачення на шліфувальних системах при макаронних помелах розвинутий і складається із шести-восьми систем: шість систем при помелах м'якої пшениці, а вісім - при помелах твердої пшениці.

При макаронних помелах етап розмелу збагачених проміжних продуктів відсутній, оскільки збагачені проміжні продукти використовують для формування макаронного борошна. Етап розмелу значно скорочений, складається із двох-чотирьох систем і призначається для вимелу оболонкових продуктів і розмелу дунстів низької якості у хлібопекарське борошно.

Контроль макаронного борошна здійснюється за окремими потоками на ситовійках і розсійниках, а хлібопекарське борошно - на розсійниках. Для підвищення виходу макаронного борошна збагачені крупки і дунсти як першої, так і другої якості змішують залежно від їх крупності.

*Макаронні помели твердої і м'якої пшениці.* Серед макаронних помелів твердої пшениці зустрічаються два види: двосортний і трисортний 75 і 78-відсоткові помели. Серед них найбільш розповсюджений двосортний 75-відсотковий помел з виходом 60...65 % макаронного борошна вищого сорту і 10...15 % хлібопекарського борошна другого сорту. Цей помел є найбільш ефективним із-за високого рівня використання зерна при високій якості макаронного борошна. Характерна особливість помелу - ретельне збагачення усіх проміжних продуктів на ситовійках і шліфувальних системах для

одержання макаронного борошна (крупки) високої якості. Із-за високого рівня використання зерна хлібопекарське борошно 2 сорту, яке одержують при цьому помелі, низької якості, його зольність до 1,75 %, воно самостійно для випічки хліба не використовується, а тільки для підсортювання до борошна, виробленого із м'якої пшениці.

Двосортний макаронний помел твердої пшениці характеризується значною складністю і тому його побудову та аналіз зручніше провести поетапно. Структурна схема етапів первинного здрібнювання зерна (драного процесу) і сортування проміжних продуктів його розмелу. Драний процес складається із шести систем, які, за винятком першої і останньої, підрозділяються на дві підсистеми за крупністю продуктів, що на них обробляються, для підвищення однорідності продуктів по розмірах (крупності). Перші чотири драні системи забезпечують одержання продуктів першої якості, V драна система - продуктів другої якості, а VI драна система є вимелюючою з отриманням крупок і дунстів. Вимел оболонкових продуктів при макаронному помелі твердої пшениці скорочений із-за того, що ця пшениця добре вимелюється. Проміжні продукти, які одержують на кожній системі драного процесу, підрозділяють на три фракції за крупністю. До першої фракції відносять, найкрупніші проміжні продукти, до другої - дещо дрібніші продукти, що характеризуються за класифікацією проміжних продуктів розмірами крупної крупки. До третьої фракції включають середню, дрібну крупку, дунст та борошно. На останніх системах (V, VI) крупну крупку не одержують, оскільки її вилучили на попередніх системах. На цих системах вилучають хлібопекарське борошно 2 сорту.

**6. Сортові хлібопекарські помели на млинах малої потужності.** Підприємства малої потужності для переробки зерна (борошномельні, круп'яні, комбікормові) з'явилися відносно недавно, їх поява пов'язана з економічними проблемами забезпечення необхідними хлібопродуктами невеликих населених пунктів, які мають своє зерно. Переробка зерна в районах його вирощування і споживання хлібопродуктів має значні економічні вигоди, оскільки зменшуються витрати на перевезення зерна до борошномельних заводів, які розташовані, в основному, у великих містах, а також вивезення з них готової продукції. Поява малих зернопереробних підприємств значно розширила переробку давальницької сировини, що належить сільськогосподарським колективам та окремим особам.

Серед малих зернопереробних підприємств найбільший розвиток випав на млини. Десятирічний досвід будівництва і експлуатації різних млинів малої потужності дає можливість зробити деякі узагальнення. Насамперед необхідно відповісти: які млини вважати млинами малої потужності? До млинів малої потужності відносять млини, потужність яких не перевищує 2 т/год. (50 т/доб). Ці млини можуть бути як агрегатні, обладнані спеціально розробленим устаткуванням, так і обладнані серійним устаткуванням, яке змонтоване в існуючих пристосованих приміщеннях, а також і в спеціально побудованих.

Найбільше розповсюдження мають агрегатні млини, устаткування в яких змонтовано на металевих агрегатах з дво-триповерховим його розміщенням. Понад 20 різних вітчизняних та зарубіжних фірм пропонують млини малої потужності.

Аналіз технологічних процесів на млинах малої потужності свідчить про наявність двох напрямків розробки технологій малих млинів. Перший напрямок передбачає максимальне спрощення технологічних процесів очистки, підготовки і розмелу зерна. На таких млинах майже відсутня належна очистка зерна від домішок, розмел здійснюється на одній-двох системах здрібнювання на вальцьовому верстаті або навіть на жорновому посаді. Виробники таких млинів та й покупці дуже далекі від знання елементарної технології переробки зерна, за якою неможливо за одно-двократне здрібнювання вилучити ендосперм із зернівки. Тому на таких млинах вихід борошна не перевищує 60 %, а його якість низька.

Другий напрямок розвитку технології млинів малої потужності характеризується використанням більш складних технологічних процесів, які передбачають основні процеси очистки зерна для зміни його технологічних властивостей, а розмел підготованого зерна здійснюють на шести-восьми системах. Такий технологічний підхід дав можливість значно підвищити рівень використання зерна і довести вихід борошна до 70...72 % при одночасному покращенні його якості. В структурі технологічних процесів очистки і підготовки зерна на таких млинах передбачено, як правило, ситоповітряний сепаратор, трієр кукілевідбірник, один-два проходи на оббивальних машинах для очистки поверхні зерна, а також повітряний сепаратор або аспіраційна колонка. Для зволоження зерна встановлено зволожуючий апарат, а для підволоження - бункери на 6...12 год. В деяких структурних схемах передбачені ще й каменевідбірні машини.



На жаль, ефективність очистки і підготовки зерна на млинах малої потужності все ще низька із-за недостатньої кількості повітря в аспіраційних каналах і неналежної очистки сит у ситоповітряних сепараторах. Для підвищення ефективності очистки і підготовки зерна на млинах малої потужності необхідно уникнути вказаних недоліків і досягти очистки зерна від домішок до рівня, передбаченого «Правилами», тобто кількість залишкової сміттевої домішки в очищеному зерні не повинна перевищувати 0,4 %.

Структурні варіанти технологічних процесів розмелу зерна на млинах другого напрямку більш розвинуті і складаються з шести-восьми систем, здрібнювання і сортування.

Варіант а) використовують на млинах потужністю 6...10 т/доб, він складається з чотирьох драних і двох розмельних систем. Цей варіант забезпечує одержання двох сортів борошна (вищий і перший) із загальним виходом до 72 %. При цьому варіанті необхідно одержати в драному процесі біля 40 % борошна і 35...40 % проміжних продуктів у вигляді крупок та дунстів, які і направляються для подальшої обробки на розмельні системи.

Варіант б) також побудовано на шести системах, з яких три драні і три розмельні. Цей варіант частіше використовують на млинах, що мають потужність 12...15 т/доб, він також забезпечує одержання борошна двох сортів (вищого і першого або першого і другого) із загальним виходом до 72%. В даному варіанті необхідно додержуватись низьких режимів здрібнювання зернових продуктів у драному процесі із-за скорочення кількості систем до трьох і необхідності збільшення виходу проміжних продуктів до 40...45 % в зв'язку із збільшенням кількості розмельних систем. Здійснити цей технологічний прийом нелегко і тому останні розмельні системи в цьому варіанті недостатньо завантажені при одночасному перевантаженні драних систем.

Варіант в) більш досконалий у порівнянні з варіантом а) і б); він складається з чотирьох драних і чотирьох розмельних систем і забезпечує досягнення підвищеного рівня використання зерна. Вихід борошна двох-трьох сортів можливо досягти до 72...75 %. При цьому варіанті структури технологічного процесу розмелу зерна в драному процесі вилучають біля 30% борошна, 45...50 % проміжних продуктів і 15...18 % висівок. Для цього підвищують режими драних систем і тим самим покращують якість борошна і проміжних продуктів із-за зниження ступеня подрібнення оболонок. Чотири розмельні системи

надійно забезпечують здрібнювання часток ендосперму, що на них надійшли, а також вимел залишків оболонкових продуктів, що також позитивно впливає на вихід і якість борошна.

Досвід роботи млинів малої потужності показує, що для поліпшення якості борошна і підвищення рівня харчового використання зерна на млинах малої потужності, необхідно віддавати перевагу млинам з розвинутою структурою технологічних процесів очистки, підготовки і розмелу зерна. Тільки в таких умовах млини малої потужності зможуть виробляти борошно високої якості і конкурувати з великими, добре оснащеними борошномельними заводами.

Серйозною перешкодою на шляху використання технологічних процесів на млинах малої потужності є нестача необхідного малогабаритного устаткування. Устаткування, серійно виготовляється машинобудівними заводами, розраховане на обробку п'яти або десятитонних потоків зерна за годину. Для малих підприємств необхідно виробляти устаткування для обробки одно-, дво-, тритонних потоків зерна. Необхідно розробити нові малогабаритні вальцові верстати, розсійники і ситовійки малої продуктивності. Це дасть можливість створювати нові розвинуті технологічні процеси переробки зерна, розширити асортимент і підвищувати якість продукції цих млинів. При цьому необхідно відзначити, що використання на млинах малої потужності машин ударної чи стираючої дії для здрібнювання зерна слід вважати неприйнятним із-за значного погіршення якості борошна.

## КРУП'ЯНА СИРОВИНА І ПІДГОТОВКА ЗЕРНА ДО ПЕРЕРОБКИ

1. Характеристика круп'яної сировини.
2. Асортимент і якість крупи.
3. Схеми технологічного процесу переробки зерна в крупу.
4. Виділення домішок із зернової маси.
5. Гідротермічна обробка зерна круп'яних культур.
6. Схеми підготовки зерна до переробки.

**1. Характеристика круп'яної сировини.** Крупи в харчовому раціоні людини становить від 8 до 13 % загального споживання зернових. На круп'яних заводах переробляють різні види круп'яних культур. Рис, просо, гречку називають іноді круп'яними культурами, тому що основну масу зерна цих культур використовують для виробництва крупи. Крім того, крупу і круп'яні продукти виготовляють із зерна вівса, ячменя, пшениці, кукурудзи, гороху. В окремих випадках переробляють у круп'яні продукти сорго, чумизу, сочевицю і ін. Асортименти круп'яної продукції досить широкий - це крупи із цілого або дробленого ядра, пластівці і т. д.

Зерно круп'яних культур досить різноманітно за формою, розмірами, будовою. Воно складається із трьох частин: ендосперму, зародка і різних плівок, але ендосперм і зародок зручніше розглядати як єдине ціле - ядро. Тому надалі будемо вважати, що зернівка складається з ядра і плівок (оболонок). Зовнішні плівки, якими вкрите ядро, можуть бути або квітковими (просо, рис, ячмінь, овес), або плодовими (гречка, пшениця, кукурудза), або насінними (горох).

Важливою властивістю зерна є міцність зв'язку зовнішніх плівок і ядра.

У зерна чотирьох круп'яних культур: рису, проса, вівса та гречки зовнішні плівки охоплюють ядро, але не зрослися із ним. У чотирьох інших: пшениці, гороху, ячменя та кукурудзи плівки щільно зрослися із ядром по всій його поверхні. Міцність зв'язку оболонок з

ядром визначає значною мірою способи переробки зерна в різні круп'яні продукти. Міцність і крихкість ядра також дуже важливі властивості зерна, тому що вони визначають не тільки методи переробки, але й асортименти продукції.

Вміст зовнішніх плівок у зерна круп'яних культур різних. Найбільш високий вміст плівок у вівса - 22...30 % (у середньому 26 %), найменший - у ячменя та гороху - у середньому відповідно 11 і 10 %, у проса, гречки, рису зміст плівок близько 20 %.

На вихід і якість крупи впливають багато показників якості зерна. Насамперед велике значення мають вміст плівок, крупність, вирівняність, вологість зерна та вміст домішок у ньому.

Вміст плівок - плівчастість - визначають у зерні, очищеному від домішок. Чим вище плівчастість, тим менше ядра, тим менше крупи одержують із такого зерна. Як правило, плівчастість крупного зерна менше, ніж дрібного, хоча бувають і виключення, наприклад, самі великі фракції зерна гречки часто мають більш високу плівчастість, ніж середні. Самі дрібні фракції практично в зерна всіх круп'яних культур мають дуже високу плівчастість.

Крім того, дрібне зерно звичайно гірше лушиться. Особливо істотно впливає на ефективність переробки наявність самого дрібного зерна. Розміри такого зерна визначаються розмірами отворів сит, проходом яких його одержують.

Вміст такого зерна в ряду культур обмежується відповідними стандартами. Розміри отворів сит, проходом яких одержують дрібне зерно, становлять: для проса 1,4 x 20 мм, для вівса 1,8 x 20, ячменя 2,2 x 20 мм і т.д.

Дрібне зерно бажано відсівати на хлібоприймальних пунктах і елеваторах. Важливе значення має й вирівняність зерна, тобто наявність великої кількості зерен, близьких за розмірами.

Вологість зерна дуже впливає на його технологічні властивості, на кінцеву вологість крупи. Висока, а часто й низька вологість погіршує його технологічні властивості, при високій вологості утруднюються очищення від домішок і лушення зерна, за низької вологості різко підвищується його кришіння у процесі переробки.

У круп'яній сировині часто знаходиться порівняно велика кількість різноманітних домішок, багато з яких важковідокремлювальні. Смітна домішка включає органічні та мінеральні домішки, насіння культурних рослин і бур'янів т. д. Наприклад, усе насіння інших культурних рослин і бур'янів

відносять до смітної домішки в зерні гречки, проса, рису. Насіння деяких культурних рослин, наприклад ячменя, пшениці, відносять до зернової домішки у вівса і т. д.

Загальні принципи очищення зерна від домішок практично такі ж, як і при очищенні зерна пшениці й жита на борошномельних заводах. Однак різна форма та розміри зерна різних культур, а також наявність специфічних домішок у ньому приводять до деяких особливостей застосування зерноочисних пристроїв. Майже для кожної круп'яної культури характерні якісь важковідокремлювальні домішки. Ці домішки представляють собою частіше насіння бур'янів і культурних рослин. Наприклад, у гречці важковідокремлювальними домішками є пшениця, овес, ячмінь, дика редька, а також так звана татарська гречка — карлик. У зерні рису важковідокремлювальні домішки - це різного роду просянки (просо великоплідне, просо стисле й т.д.), пшениця та інше насіння. Характерною домішкою є грудочки землі, особливо коли вони перемішані з мулом, що знижує їхню щільність. Так, мінеральна домішка (галька) має щільність  $2,6...2,8 \text{ г/см}^3$ , а грудочки землі  $1,6...1,8 \text{ г/см}^3$ , що набагато ближче до щільності зерна -  $1,2...1,3 \text{ г/см}^3$ . Мале розходження в щільності утрудняє поділ компонентів суміші. У зерні проса особливо багато важковідокремлювальних домішок, що представляють собою насіння бур'янів, дрібних зерен пшениці та жита і ін. Є й деякі інші ознаки зерна, що впливають на вихід і якість крупи. Наприклад, серед зерен рису зустрічаються зерна з пофарбованими в червоно-бурий колір плодовими оболонками. Більше інтенсивна обробка таких партій зерна приводить до зниження виходу крупи.

**2. Асортимент і якість крупи.** Асортимент круп'яної продукції такий:

Культура	Вид крупи
Просо	Пшоно шліфоване
Гречка	Ядриця, ядриця швидкозварювана, проділ
Рис	Рис шліфований, рис дроблений
Овес	Вівсяна крупа недроблена, вівсяні пластівці, «Геркулес»,
Ячмінь	Перлова крупа, ячна крупа
Пшениця	«Полтавська», «Артек»
Горох	Горох цілий лущений, горох колотий лущений
Кукурудза	Крупа шліфована, крупа дрібна для екструдатов

Крупу з цілого ядра - пшоно, ядрицю, рис, вівсяну - ділять на сорти: пшоно та рис - вищий, перший, другий і третій; вівсяну - вищий, перший і другий; ядрицю - перший, другий і третій. Горох цілий і колотий ділять на два сорти: перший і другий. Найнижчі сорти крупи виробляють із зерна зниженої якості.

Крупа і круп'яні продукти із зерна різних культур мають різний зміст поживних речовин: білків, вуглеводів, жирів, а також біологічно активних речовин та вітамінів.

Найбільш високий зміст білка в гороховій крупі, що характерно для бобових культур; з інших видів крупи більше білка в гречаній, пшеничній, вівсяній та пшоні. В той же час якість білка, обумовлена співвідношенням у ньому незамінних амінокислот, яке є кращим у вівсяній і гречаній крупах. Це дозволяє віднести ці види круп до числа найцінніших у поживному відношенні. Добра якість білка і в рису, але вміст його найменший серед всіх видів крупи. Високий зміст жиру у вівсяній крупі може привести до її швидкого псування при зберіганні, тому з метою підвищення стійкості зерно або крупу обов'язково пропарюють.

Якість крупи визначається змістом у ній доброякісного ядра. Вміст доброякісного ядра дорівнює 100 мінус вміст домішок. Чим більше доброякісного ядра, тим вищий сорт. У крупі кожного сорту обмежується вміст домішок, їхніх окремих видів, у цілій крупі - дробленої крупи, нелущених зерен і т. д.

Крім цілої крупи, випускають і дроблену крупу - рисову і гречану (проділ). З ячменя, пшениці, кукурудзи роблять дроблену крупу, в основному так звану номерну, тобто розділену по крупності на фракції – номери. Так, перлову, пшеничну та кукурудзяну шліфовану випускають п'яти номерів, причому перший номер - крупа сама велика, п'ятий - сама дрібна; ячна крупа має три номери. Дроблену крупу на сорти не ділять. Дроблена номерна крупа має ще один показник - вирівняність, величина якої становить 80...75 %.

### **3. Схеми технологічного процесу переробки зерна в крупу.**

Процес переробки зерна в крупу, як і на борошномельних заводах, включає три основних етапи, підготовку зерна до переробки, переробку зерна в крупу та круп'яні продукти; затарювання і відпускання готової продукції.

Підготовка зерна до переробки складається із двох основних

етапів: виділення домішок із зернової маси і гідротермічної обробки зерна. На відміну від підготовки зерна в борошномельному виробництві на круп'яних заводах відсутні обробка поверхні зерна сухим способом і його миття. Це пояснюється тим, що технологічний процес переробки всіх без винятку круп'яних культур включає таку операцію, як видалення зовнішніх плівок в результаті лущення. Піддавати поверхню зерна очищенню сухим або мокрим способами в цьому випадку немає необхідності.

Процес очищення зерна від домішок на круп'яних заводах практично ґрунтується на тих же принципах, що й на борошномельних заводах. Однак робочі органи зерноочисних машин мають різні настановні і кінематичні параметри, найбільш підходящі для того або іншого зерна. При підготовці до переробки зерна вівса, гречки, кукурудзи, пшениці та гороху застосовують гідротермічну обробку. Вона підвищує вихід крупи, її якість, полегшує процеси наступної переробки. У зв'язку з значною розмаїтістю технологічних властивостей зерна та асортименту вироблюваної продукції застосовують і різні способи гідротермічної обробки. На вибір способів і режимів обробки істотно впливають також способи лущення зерна і лущильні машини, що застосовуються для цієї мети. Перед лущенням зерна застосовують поділ його на фракції, тобто калібрування.

Процес переробки зерна включає ряд обов'язкових для всіх технологічних схем операцій лущення зерна, сортування продуктів лущення, контроль готової продукції. При переробці більшості круп'яних культур використовують шліфування і полірування крупи. Крім того, обов'язковою операцією є контроль відходів після сортування продуктів лущення зерна.

Для окремих культур застосовують також операцію дроблення ядра. Для деяких схем характерна роздільна переробка зерна по фракціях крупності, що досягається калібруванням зерна перед лущенням.

**4. Виділення домішок із зернової маси.** *Виділення великих, дрібних і легких домішок.* Основні машини для виділення цих домішок: повітряно-ситові сепаратори, крупосортувальні машини, розсів. Різні розміри та форма зерна обумовлюють і використання в повітряно-ситових сепараторах сит з різними отворами. Звичайно, якщо зерно подовженої форми, сита для виділення домішок мають довгасті отвори, якщо зерно округлої форми, використовують сита із

круглими отворами. Розміри отворів сит вибирають залежно від розмірів зерна.

Для кращого просівання зерна і домішок змінюють настановні й кінематичні параметри. При очищенні важковідокремлюваного зерна (риса, вівса) збільшують кут нахилу сит, амплітуду або частоту коливань. Навпаки, для проса, гороху потрібно істотно зменшити кут нахилу сит а також знизити кінематичні параметри.

При очищенні зерна багатьох круп'яних культур від домішок істотно знижуються продуктивність машин і ефективність очищення. Повітряно-ситові сепаратори при очищенні рису мають продуктивність в 3...5 разів нижче паспортної.

Для виділення домішок із гречки широко застосовують сита із трикутними отворами. Гречка, що має тригранну форму, проходить через отвори сит, а рівновеликі домішки, що мають іншу форму, наприклад, кулясту або циліндричну, через отвори цих сит не проходять. Однак більше дрібні домішки можуть пройти через отвори сит разом із зерном, тому звичайно гречку в процесі очищення ділять на дві-три фракції на ситах із круглими отворами, після чого зерно кожної фракції очищають від домішок на ситах із трикутними отворами відповідних розмірів. Фракційний спосіб очищення використовують і при підготовці до переробки рису, вівса та зерна інших культур.

У повітряно-ситових сепараторах змінюють швидкість повітряного потоку стосовно до конкретного зерна. Природно, що, якщо швидкість витання насіння гороху або кукурудзи вище, ніж, наприклад, вівса, то й швидкість повітряного потоку в пневмоканалах повинна бути більш високою. Для виділення домішок, особливо дрібного зерна, застосовують також просіваючі машини - крупосортувальні і круп'яні розсівні А1-БРУ.

Крупосортувальна машина має відносно невелику поверхню, що просіває ( $3,2 \text{ м}^2$ ) при великих габаритах, тому їх установлюють при сортуванні відходів або для невеликої кількості продуктів. Крупосортувальна машина із двох похилих сит може мати дві технологічні схеми. Найбільш перспективні круп'яні розсівні, просіваюча поверхня сит яких в 4,2 рази більше, ніж у крупосортувальних машин, при трохи менших габаритах. Круп'яні розсівні виконані на базі шафового розсіву А1-ЗРШ; мають 14 ситових рамок і чотири технологічні схеми.

Такі розсівні застосовують не тільки для очищення, але й для



калібрування зерна, тобто поділу його на фракції по розмірах, а також для поділу продуктів лущення, контролю крупи й т.д.

*Виділення мінеральних домішок.* Мінеральну домішку із зерна на круп'яних заводах виділяють практично в тих же каменевідокремлювальних машинах, що й на борошномельних заводах. Виключення становлять лише гідравлічні каменевідокремлювальні машини, які на круп'яних заводах не застосовуються, тому що мийку зерна не використовують. Найбільш ефективні вібропневматичні каменевідокремлювальні машини, які можуть виділити домішки із зерна будь-якої культури, у тому числі й грудочки землі, що мають порівняно невелику відмінність від щільності зерна. Тому що різні види зерна круп'яних культур мають різну сипкість, швидкості витання, коефіцієнти тертя і т. д., параметри робочих органів каменевідокремлювальних машин повинні наструюватися стосовно до властивостей конкретного зерна.

*Виділення коротких і довгих домішок.* Ці домішки виділяють у трієрах. Різні розміри і форма зерна визначають можливість застосування тих або інших трієрів. Для зерна округлої форми, наприклад проса, гречки, використовують вівсюговідокремлювальні машини, де виділяють довгі домішки. Причому в цих машинах повинні бути різні розміри комірок: для проса 3,5...4 мм, а для гречки 6...7 мм. Для зерна, що має подовжену форму, наприклад вівса, необхідно застосовувати такі куколевідокремлювальні машини, розміри комірок яких 6 мм. Трієри не використовують для зерна кукурудзи і гороху. Легкі, металоманітні домішки виділяють у тих же машинах і апаратах, що й на борошномельних заводах.

## **5. Гідротермічна обробка зерна круп'яних культур.**

Гідротермічну обробку зерна круп'яних культур проводять для різних цілей. Після такої обробки поліпшуються технологічні властивості зерна; полегшується відділення оболонок при лущенні, знижується подрібнення ядра; поліпшуються споживчі властивості крупи, скорочується тривалість її варки, консистенція каші стає більше розсипчастою; підвищується стійкість крупи при зберіганні в результаті інактивації ферментів, які сприяють псуванню крупи.

Способи гідротермічної обробки зерна круп'яних культур досить різноманітні, їхній вибір залежить від будови зерна,

асортимент продукції, від того, як впливають режими обробки на зміну зовнішнього вигляду крупи, і т. д.

Найпоширеніші способи гідротермічної обробки: пропарювання - сушіння - охолодження; зволоження - відволоження.

*Пропарювання — сушіння — охолодження.* Цей спосіб застосовують для гречки, вівса і гороху. Воно відбувається при високій температурі (понад 100°C) нагрівання зерна пропарюванням при надлишковому тиску пари. Пропарювання зволожує і прогріває зерно, робить ядро пластичним, воно стає менш крихким, менше подрібнюється при луценні і шліфуванні. Пластифікація ядра відбувається також в результаті хімічних перетворень. Відбуваються клейстеризація деякої частини крохмалю, утворення невеликої кількості декстринів, що володіють клеючими властивостями.

Наступне після пропарювання сушіння збезводнює більшою мірою зовнішні плівки, які, втрачаючи вологу, стають більш крихкими і легше розколюються при луценні. Крім того у процесі пропарювання і сушіння виникають деформаційні зміни в складових частинах зерна, що приводять до відшаровування оболонок.

Охолодження після сушіння додатково знижує вологість зерна, холодні оболонки більше тендітні. У той же час зайве сушіння зерна може привести до зневоднювання ядра і підвищення його крихкості. Охолодження зерна також може погіршити результати наступного луцення, тому що охолоджене ядро стає менш пластичним, і можливе підвищення виходу дробленого ядра. Режими пропарювання, сушіння і охолодження тісно зв'язані зі способами наступного луцення зерна.

Схема гідротермічної обробки включає пропарювання зерна, його сушіння і охолодження. Для пропарювання зерна використовують спеціальні апарати - пропарювачі. Існують два, типу пропарювачів: безперервної і періодичної дії. Серед пропарювачів безперервної дії найпоширеніші горизонтальні шнекові пропарювачі. Зерно через шлюзові затвори, що забезпечують герметизацію пропарювача, надходить у шнек, куди одночасно подається й пар.

Переваги цих пропарювачів: простота, висока продуктивність, рівномірна обробка зерна, недолік - неможливість пропарювання зерна при відносно високому тиску пару, тому що шлюзові затвори

не забезпечують належної герметизації. Якщо необхідно пропарювати зерно при високому тиску пари, застосовують пропарювачі періодичної дії.

Такий пропарювач представляє собою посудина місткістю 1000 л. Зерно завантажують і розвантажують через коркові затвори. Пару подають через паророзподільний змійовик, що складається із трьох горизонтально розташованих кілець, з'єднаних вертикальними трубами для рівномірної подачі пари по всьому зерні. Випуск пари - через спеціальну відвідну трубу.

Коркові затвори управляються індивідуальними електроприводами. В такий же спосіб управляють вентилями при подачі й випуску пари. Операції впуску зерна і пари повторюють у строгій послідовності по заздалегідь заданому циклі. Переваги таких пропарювачів - можливість пропарювання зерна при порівняно великому тиску пари та регулювання тривалості пропарювання зерна.

*Зволоження - відволоження.* Це другий спосіб гідротермічної обробки. Зерно зволожують або в спеціальних апаратах, або обробляють його в пропарювачах безперервної дії при низькому тиску пари. Звожене зерно відволожують у бункерах протягом декількох годин.

Такий спосіб обробки застосовують в основному для пшениці та кукурудзи. Звожене зерно набуває підвищеної пластичності, менше дробиться при луценні, внаслідок зволоження зовнішні оболонки частково відшаровуються, легко відділяються. Цей спосіб застосовують на закордонних заводах і при підготовці зерна вівса. Зерно зволожують до вологості 16...18 % і відволожують протягом 8 год. Однак такий спосіб може бути використаний за умови наступного луцення зерна у відцентрових луцильниках (луцення однократним ударом).

**6. Схеми підготовки зерна до переробки.** Перед подачею зерна на переробку в елеваторах і складах формують великі партії з компонентів, близьких за технологічними властивостями. Не можна змішувати компоненти, у яких зерно відрізняється крупністю, вмістом різних домішок, особливо важковідокремлювальних, вологістю і т. д. Не слід поєднувати зерна, що піддавалися і не піддавалися сушінню, особливо проса, кукурудзи, рису. Об'єднання в одній партії різноякісного зерна знижує ефективність його очищення від домішок і наступної переробки. Схеми підготовки

зерна до переробки може включати такі операції, як очистка зерна від домішок і гідротермічна обробка. При підготовці ячменя та пшениці може бути передбачене ще й попереднє лущення зерна. Визначають ефективність лущення в ячменя по кількості зерен зі знятими квітковими плівками, у пшениці - по зниженню зольності. Схема підготовки, що була б універсальною для всіх круп'яних культур, не може бути розроблена, тому що зерно різних культур відрізняється розмірами, формою, наявністю різних домішок і т. д. У той же час принципова схема підготовки зерна круп'яних культур визначає найбільш доцільну послідовність технологічних операцій. Для тривалої стабільної роботи технологічного встаткування на круп'яному заводі передбачені бункери для неочищеного зерна місткістю, що дозволяє забезпечити роботу підприємства протягом 24...36 год. Кількість зерна, що направляється на переробку, підраховують в автоматичних вагах.

Для очищення зерна від домішок застосовують дві-три системи сепарування в повітряно-ситових сепараторах для додаткового виділення дрібних домішок і дрібного зерна, а також у ряді випадків для поділу зерна на фракції. Мінеральні домішки виділяють у каменевідокремлювальних машинах. Залежно від виду зерна, що переробляється, на наступному етапі встановлюють куколевідбірні або вівсюговідбірні машини. Для виділення легких домішок, особливо із зерна плівчастих культур, застосовують аспіратори.

Якщо схема підготовки зерна включає його гідротермічну обробку, здійснювану по першому способі, тобто сушіння, що включає пропарювання, і охолодження, то її, як правило, використовують на заключному етапі підготовки, безпосередньо перед лущенням зерна.

У зерні, після гідротермічної обробки, є істотне розходження у вологості оболонки і ядра. Значний розрив у часі між завершенням обробки і лущенням зерна приведе до перерозподілу вологи в зерні, в результаті якого підвищиться вологість оболонки і знизиться вологість ядра, тобто оболонки стануть більше пластичними, а ядро - більше тендітним. Це погіршить технологічні властивості зерна.

Якщо гідротермічну обробку проводять по другому способі, що включає зволоження і відволоження зерна, то після її завершення зерно може піддаватися додатковому очищенню, попередньому лущенню і т. д.

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА КРУПИ

1. Калібрування зерна перед лушенням.
2. Лушення зерна.
3. Сортування продуктів лушення.
4. Круповиділення.
5. Шліфування і полірування крупи.
6. Подрібнення ядра.
7. Контроль крупи, побічних продуктів і відходів.

**1. Калібрування зерна перед лушенням.** Поділ на фракції, тобто калібрування зерна проводять:

- для більш точного підбирання робочого зазор у луцильних машинах, що підвищить ефективність лушення близьких за розмірами зерен;
- в окремих випадках для забезпечення поділу суміші лущених і не лущених зерен після лушення;
- для більш ретельного виділення домішки з каліброваного зерна.

Для калібрування зерна використовують крупосортувальні машини і розсівні; перевагою крупосортувальних машин є висока точність калібрування, а недолік - низька продуктивність.

Розсівні А1-БРУ мають чотири технологічні схеми. Для калібрування зерна застосовують найчастіше розсівні з 1-ю і 2-ю технологічними схемами. Переваги розсівів полягають у їхній високій продуктивності, можливості регулювання кінематичних параметрів (ексцентриситету і частоти коливань), що підвищує ефективність сортування.

При переробці вівса в крупу можна калібрувати зерно за довжиною в трієрах для наступного поділу суміші лущених і не лущених зерен.

**2. Лушення зерна.** Лушення зерна – процес відділення зовнішніх плівок (оболонок) з поверхні ядра. Вибір способу лушення залежить від будови зерна, міцності зв'язку плівок (оболонок) і ядра, міцності ядра, а також асортименту; продукції, що виробляється. Якщо основним продуктом при переробці зерна є крупа із цілого

ядра, то при луценні прагнуть уникнути надмірного його подрібнення.

Основними способами впливу робочих органів машин на зерно вважають три: зжимання і зсув, багаторазовий або одноразовий удари, інтенсивне стирання оболонки об гострошороховату поверхню робочих органів луцильної машини.

*Перший спосіб* полягає в стисканні зерна між двома поверхнями, відстань між якими дещо менша за розміри зерна, що призводить до стискання і розколювання оболонки, а внаслідок відносного руху поверхонь та їх зсуву і до відділення від ядра. Такий вплив на зерно доцільний в тих випадках, коли оболонки зерна не зрослись із ядром, як у зерна рису, гречки, проса і вівса.

До числа машин, що працюють за цим принципом, відносяться луцильні постави, вальцедекові станки, двохвалкові луцильники. Робочі органи останніх вкриті пружним матеріалом – гумою чи поліуретаном.

*Другий спосіб* луцення заснований на відділенні оболонки при одноразовому чи багаторазовому ударі зерен об тверду поверхню. Луцення одноразовим ударом доцільно застосовувати тільки для зерна, у якого плівки не зрослись із ядром, а останнє досить пластичне і при ударі подрібнюється мало. Практично тільки зерно вівса має такі властивості, що дозволяє його ефективно луцити у машині, в якій здійснюється одноразовий удар – відцентровому луцильнику.

Таке зерно можна луцити і багаторазовим ударом в оббивальних чи бичових машинах. Під час багаторазового удару швидкість удару зерна об тверду поверхню робочих органів має бути в 2...3 рази нижче швидкості однократного удару. Зерно з відносно тендітним ядром і зі зрослими плівками можна луцити лише в тих випадках, коли виробляється подрібнена крупа (ячмінь, пшениця, кукурудза).

*Третій спосіб* луцення – поступове стирання плівок (оболонки) під час тертя зерна об шорсткувату поверхню. Застосовується в основному при луценні зерна зі зрослими оболонками (ячмінь, пшениця, кукурудза, горох). Є відомості про можливість луцення таким способом зерна з не зрослими плівками, наприклад проса. Основною машиною, у якій луцення здійснюється таким способом, є луцильно-шліфувальна машина А1-ЗШН-3.

### **3. Сортування продуктів луцення.** В результаті луцення

зерна одержують суміш різних продуктів (часток). Умовно їх можна розділити на п'ять фракцій. Основна фракція – лущене зерно або ядро. Практично в усіх випадках залишається якась кількість нелущених зерен, які утворюють другу фракцію. Відокремлені в процесі лущення плівки утворюють третю фракцію – лузгу. Четверта фракція – подрібнене ядро певних розмірів. Частина ядра і плівок подрібнюється до дрібніших часток і утворює п'яту фракцію – мучку.

Мучка і дроблене ядро мають найдрібніші розміри і їх відокремлюють шляхом просівання на ситах із установленими для кожної культури розмірами отворів. Наприклад, у пшоні дробленкою вважають фракцію, що пройшла крізь сито з отворами  $\varnothing$  1,5 мм, для вівсяної крупи – 2 мм, для гречки –  $1,6 \times 20$  мм і т. д., і не пройшли крізь металоткане сито № 056 для проса, 08 для гречки і т. д.

Лузга істотно відрізняється від ядра і нелущених зерен швидкістю витання і може відділятися повітряним потоком.

Залишається суміш лущених і нелущених зерен. Якщо є можливість їхнього поділу, на повторне лущення направляють тільки нелущені зерна, якщо такої можливості немає, на повторне лущення направляють цю суміш. У першому випадку застосовують схему лущення, що називають схемою лущення із проміжним відбором ядра, у другому – схему лущення без проміжного відбору ядра.

Основний недолік другої схеми – зайве завантаження устаткування другої і наступної систем лущення вже лущеним зерном, що при повторному пропуску крізь лущильні машини частково подрібнюється. Це знижує вихід цілої крупи. Таку схему не застосовують для лущення зерна з крихким ядром.

Перша схема – лущення зерна із проміжним відбором ядра передбачає поділ суміші лущених і нелущених зерен з повторним лущенням тільки нелущених зерен. Така схема зменшує навантаження на наступні лущильні машини, що скорочує так званий оборот продуктів.

**4. Круповиділення.** Круповиділенням називають процес поділу лущених і нелущених зерен. Даний процес може застосовуватися при переробці тільки тих культур, у зерна яких зовнішні плівки (оболонки), що видаляються при лущенні, не зрослись із ядром, а саме: рису, вівса, гречки і проса. У цьому випадку в продуктах лущення будуть присутні тільки повністю лущені і повністю нелущені зерна, що дозволяє теоретично та практично зробити їх розділити.

При луценні зерна зі зрослими з ядром плівками поряд з повністю лущеними і нелущеними зернами є зерна частково лущені, причому з різною кількістю оболонки, що залишилися на них. Границю між лущеними і нелущеними зернами провести не можна, і теоретично й практично таку суміш розділити не можна.

Поділ суміші лущених і нелущених зерен можна здійснити на основі різниці тих чи інших властивостей компонентів. Насамперед нелущені зерна і ядра різняться розмірами, довжиною, комплексом властивостей, що приводять до можливості спрямованого самосортування компонентів. Для поділу використовується та ознака, різниця в якій найбільш істотна.

*Поділ лущених і нелущених зерен за розмірами.* Чим більша різниця в розмірах зерен і ядер, тим ефективніше за цією ознакою можна їх розділити. У більшості культур така різниця невелика, лише в гречки вона істотна. Величина цієї різниці, як правило, не менше 0,5 мм. Якби всі зерна мали однакові розміри, то на ситі із круглими отворами, діаметр яких менше розмірів зерна і більше розмірів ядра, їхня суміш могла бути розділена достатньо просто. Але реально розміри окремих зерен гречки коливаються від 3 до 5 мм, тобто різниця в розмірах значно більша, ніж 0,5 мм. Тому після лущення дрібні нелущені зерна, що залишилися мають розміри, рівні розмірам ядер із крупних зерен. Отже, повний поділ лущених і нелущених зерен неможливий.

Щоб поділ став можливим, необхідно різко зменшити різницю в розмірах самих нелущених зерен, розділивши зерно на ряд фракцій на ситах із круглими отворами. На практиці для розподілу зерна на фракції використовують сита з отворами  $\varnothing$  4,5 – 4,2 – 4,0 – 3,8 – 3,6 – 3,3 мм. Схід кожного сита представляє собою фракцію, розходження в розмірах зерна в якій не перевищує 0,2...0,3 мм. При цьому в кожній фракції розміри зерен і ядер не перекривають один одного за умови, що у фракції не залишилося більше дрібних нелущених зерен. Тому фракціонування гречки варто проводити досить ретельно, щоб одержати добре відкаліброване зерно в кожній фракції.

Поділ лущених і нелущених зерен після лущення здійснюють звичайно на ситах, діаметр отворів яких на 0,2...0,3 мм менше розмірів отворів сита, сходом з якого отримана дана фракція. Для калібрування зерна і наступного поділу лущених і нелущених зерен використовують розсівні А1-БРУ, А1-ЗРШ-4М або інші модифікації цих розсівів.



*Поділ лущених і нелущених зерен, що відрізняються довжиною.* Більш-менш значна різниця за довжиною зерна і ядра у вівса, тому для поділу лущених і нелущених зерен можна використовувати трієри з комірками 8...9 мм.

Схема круповиділення в трієрах включає 3...4 системи сортування. У практиці американських заводів з переробки вівса для підвищення ефективності сортування застосовують попередній поділ зерна за довжиною в трієрах на 2...3 фракції. У цьому випадку, як і при фракціонуванні гречки, розміри зерна і ядра не перекриваються, і поділ лущених і нелущених зерен ефективніший.

Відносно висока продуктивність трієрів і невеликі габарити дозволяють використовувати їх на етапі попереднього поділу суміші. В подальшому її поділ проводять в ефективніших машинах, наприклад падді-сепараторах.

*Поділ суміші лущених і нелущених зерен у круповідокремлювальних машинах.* Круповідокремлювальні машини розділяють суміш лущених і нелущених зерен на основі розходження в комплексі властивостей компонентів, що визначають можливість самосортування суміші в процесі руху по робочих поверхнях, при якому в нижні шари переважно поринають лущені зерна, а у верхні – спливають нелущені зерна. Є машини, які призначені в основному для цієї операції, до них відносяться насамперед падді-сепаратори, круповідокремлювачі із плоскими ніздрюватими поверхнями фірми «Сатані» (вітчизняний аналог А1-БКО), самопливні круповідокремлювачі. Крім того, у якості круповідокремлювальних машин можуть використовуватися пневматичні столи, концентратори. У всіх цих машинах робочий процес складається із двох стадій: самосортування (розшарування суміші), поділ верхнього і нижнього шарів на дві чи більше фракцій.

*Падді-сепаратори* є найпоширенішою машиною, що застосовується для круповідокремлення на рисо- і вівсозаводах, а також в окремих випадках на гречко- і просозаводах.

Робочі органи падді-машини – канали із гладким днищем і зигзагоподібними стінками. Зигзагоподібні стінки утворюються трикутними призмами з перемичками, установленими в певному порядку. Канали мають невеликий схил у бік підстави призм. Трохи вище середини каналу його днище має постійний перегин з кутом 4°.

Продукт надходить в місця перегину. Канали роблять зворотньо-поступальний рух у горизонтальній площині,

перпендикулярній їх довгій осі. Внаслідок такого руху продукт, що перебуває в каналі, по черзі відкидається до правої чи лівої стінки. При ударах об стінки відбувається самосортування й розшарування суміші. Нелущені зерна, що перебувають у верхніх кулях, в результаті ударів переміщуються по каналу нагору, виділяючись верхнім сходом. Лущені ж зерна, що перебувають внизу суміші, поступово зміщуються долілиць і виходять із каналу, утворюючи так званий нижній схід.

Фізична сутність процесу сепарування в каналі падді-машини до теперішнього часу остаточно не сформульована. Існує ряд гіпотез, згідно яким поділ суміші відбувається внаслідок різниці компонентів у пружних властивостях, коефіцієнтах тертя й ін.

Поділ продуктів у результаті розходження в пружних властивостях припускає, що нелущені зерна як більш пружні при ударі відкидаються вище і попадають на вищу щабель, пересуваючись нагору; менш пружні лущені зерна не відкидаються на вищестоящій щабель і зміщуються долілиць внаслідок схилу каналу.

Поділ суміші в результаті різниці в коефіцієнтах тертя припускає, що нелущені зерна, які мають менший коефіцієнт тертя об стінки каналів, при зіткненні з ними переміщуються уздовж стінок вище, ніж лущені, і при зворотному русі каналу виявляються на вищому щаблі протилежної стінки і т. д.

Сьогодні розроблена нова теорія поділу суміші в каналі падді-машини (В. В. Гортинский, Э. В. Абрамов).

Сутність цієї теорії така. Робочий канал падді-машини розглядається як сукупність робочих елементів, що мають трапецеїдальну форму та звернених довгою підставою нагору. На частку продукту, що потрапила в даний елемент, діє ряд сил, основними з яких є сили інерції, що виникають при ударі часток об бічні стінки, сила важеля, сила тертя між дном і часткою. Сили зіткнення часток об бічні стінки спрямовані орієнтовно перпендикулярно бічним стінкам елемента і прагнуть переміщати частку нагору, тому що одна зі складових сил спрямована нагору, а інша – паралельно підставі. Сила важеля викликає рух частки під схил, долілиць.

Роль процесу самосортування може бути проілюстрована поділом модельної суміші, що складається, наприклад, із лущених зерен рису і нелущених зерен проса.

Різниця в пружних властивостях цих компонентів більша, ніж у лущених і нелущених зерен рису. Варто було б очікувати якісного поділу суміші. Однак процес поділу такої суміші досить неефективний і нестійкий. Це пояснюється тим, що нелущені зерна проса, які мають значно менші розміри, перебувають у нижніх шарах суміші.

Критичні координати залежати не тільки від властивостей продуктів, але й від настановних і кінематичних параметрів машини. Регулюють такі параметри каналу: кут нахилу його до горизонту, частоту коливань і амплітуду. Якщо у верхньому сході разом з нелущеними зернами є багато лущених, необхідно або збільшити кут нахилу каналу, або зменшити частоту чи амплітуду коливань. Навпаки, якщо в нижньому сході виявиться багато нелущених зерен, необхідно зменшити кут нахилу каналу чи збільшити частоту і амплітуду коливань.

Простіше в машинах вирішується завдання зміни кута нахилу каналів. Донедавна частота коливань змінювалася за допомогою механічних варіаторів, які були недостатньо надійні і часто виходили з ладу. Для регулювання частоти коливань у деяких моделях машин використовуються перетворювачі частоти току. Амплітуда зазвичай змінюється при зупинці машини, хоча є моделі, у яких така зміна можлива без зупинки машини. Останні моделі постачаються з пультами та цифровою індикацією основних параметрів машини.

Падді-машини найбільш ефективні для поділу лущених і нелущених зерен рису, тому що різниця у властивостях компонентів суміші найбільш значна в порівнянні з іншими культурами. Вівсяні продукти сортуються також задовільно, але менш ефективно, ніж рисові.

Найменш ефективно працюють падді-машини на продуктах лущення проса. Різниця в пружних властивостях компонентів менша, а самосортування лущених і нелущених зерен не настільки чітке, як в інших продуктів.

Перевага падді-машин – їхня висока ефективність (у порівнянні з іншими машинами), недоліки: більші габарити, відносно невисока продуктивність. Для підвищення продуктивності в машинах збільшують число каналів, розташовуючи їх у два або три яруси. Загальна кількість каналів у падді-сепараторах, що випускаються різними фірмами, становить від 10 до 72.

**5. Шліфування і полірування крупи.** Як правило, лущене зерно (ядро), за винятком гречаного, не є готовою крупою. Ядро стає крупою після його шліфування і полірування, тобто видалення плодкових, насінних оболонок, частково алейронового шару і зародка.

*Шліфування.* Поліпшує зовнішній вигляд крупи, наприклад, темний рис після шліфування стає білим. У результаті видалення зовнішніх шарів і зародка, що містить багато жиру, підвищується стійкість крупи при зберіганні. Шліфована крупа швидше вариться, збільшується її привар.

Процес шліфування полягає в поступовому стиранні зовнішніх частин ядра в результаті інтенсивного тертя його об абразивну чи іншу гострошороховату поверхню, а також взаємного тертя ядер. У процесі шліфування ядра відбуваються значні навантаження, які приводять до неминучого подрібнення деяких з них. Так, при шліфуванні рисового ядра утворюється дробленка. Тому від технічного стану машин, їхнього правильного регулювання, використання оптимальних режимів роботи залежить ефективність процесу.

Для шліфування крупи застосовують лущильно-шліфувальні машини А1-ЗШН-3 і вальцедекові станки (для пшона). Однак найбільшого поширення одержали спеціальні шліфувальні машини, які застосовують в основному для шліфування рисового і вівсяного ядра. До таких машин відносять шліфувальні постави РС-125 чи шліфувальні машини А1-БШМ.

Робочим органом шліфувального поставу є обертовий на вертикальному валу конічний барабан, покритий зверху абразивною масою, і нерухлива ситова, також конічну обичайка. Ядро перебуває в робочій зоні між барабаном і обичайкою, постійно переміщається зверху долілиць, стикається з абразивною поверхнею, що рухається та обробляє ядро з усіх боків. Для підвищення ефективності шліфування уздовж утворюючої ситової обичайки зроблені поздовжні пази, у які входять розподільні колодки, виконані з харчової гуми. Їхнє призначення – затримувати продукт, запобігати його круговому руху разом з барабаном.

Ефективність шліфування можна регулювати підняттям чи опусканням барабана, що збільшує чи зменшує зазор між барабаном і обичайкою, а також положенням гумових колодок, які можуть наближатися чи відсуватися від абразивного барабана. Недоліки шліфувальних машин: їхні значні габарити, складність

обслуговування і ремонту, невисока продуктивність, утворення значної кількості битого ядра.

Більш продуктивною і компактною рахують шліфувальну машину А1-БШМ-2,5. Її робочими органами є два горизонтальних вали, набраних з окремих корундових кілець, і ситова обичайка, яка складається із двох рознімних напівциліндрів. Із внутрішньої сторони верхнього напівциліндра обичайки кріпляться під кутом невеликі пластини – гонки, які сприяють переміщенню продукту від прийому до виходу. Подача продукту у робочу зону проводиться шнеком, на виході продукт затримується клапаном, що перекриває вихідний кільцевий отвір. Підсилюючи чи послабляючи притиск клапана, регулюють ефективність шліфування.

На жаль, крім переваг, про які говорилося вище, машина має і значний недолік: у порівнянні з машиною РС-125 машина А1-БШМ-2,5 більшою мірою дробить ядро.

Машини типу ЗШН призначені в основному для шліфування і полірування дробленої крупи – перлової, ячної, пшеничної, кукурудзяної, а також гороху. Важливість цієї операції, особливо для рисової крупи (при шліфуванні утворює до 10...15 % дробленки), змушує дослідників шукати нові способи і засоби для шліфування ядра.

Так, фірма «Бюлер» пропонує для шліфування кілька нових машин, хоча принцип їхньої дії не є оригінальним. Одна з машин представляє собою установку типу ЗШН, у яку внесено ряд змін. Зокрема, привід машини здійснюється зверху, що дає можливість випускати продукт по всьому обсязі робочої зони рівномірно, наявність пружинного чи вантажного клапана дозволяє регулювати ефективність обробки. Для її підвищення уздовж утворюючої ситової обичайки встановлюють гумові чи сталеві колодки, призначення яких аналогічно їхньому призначенню в машинах РС-125.

Ця ж фірма виготовляє також і горизонтальні шліфувальні машини із шестигранними обичайками, що, на думку представників фірми, поліпшує ефективність процесу. Крім того, машина обладнана власним вентилятором, за допомогою якого вона аспірується. Аналогічні машини пропонуються також відомою японською фірмою «Сатаке». Для більш «м'якого» шліфування машини мають порожній вал, через який у робочу зону подається тепле вологе повітря, що знижує подрібнення ядра і полегшує його шліфування в результаті незначного підвищення вологості ядра.

Основний недолік всіх перерахованих машин полягає в досить великому силовому впливі на ядро, що приводить до його подрібнення.

*Полірування крупи.* Крім шліфування, крупу також і полірують. Полірування поліпшує в основному зовнішній вигляд крупи. При поліруванні з поверхні ядра віддаляється мучка, що залишилася після шліфування, загладжуються подряпини, крупа стає більш світлою і яскравою. Для полірування застосовують такі ж шліфувальні машини, у яких використовують дрібніший абразивний матеріал.

**6. Подрібнення ядра.** При виробництві деяких видів круп'яної продукції потрібне подрібнення або різання крупи чи ядра на частини. Таке подрібнення застосовують при виробництві перлової і пшеничної крупи, якщо необхідно одержати більшу кількість дрібної крупи, а також при виробництві подрібненої вівсяної крупи і пластівців з такої крупи. В результаті подрібнення або різання крупи мають бути отримані частки певного розміру, при цьому потрібно, щоб кількість мучки була мінімальною.

Для подрібнення ядра застосовують вальцьові станки, вальці яких мають взаємно перпендикулярну нарізку. На тихохідному вальці роблять поздовжню нарізку, на швидкохідному – колову. Крок рифлей зазвичай дорівнює близько 2,5 мм. Відношення колових швидкостей 2,5:1.

Для різання вівсяної крупи такий спосіб малоприматний: крупа пластична, не крихка, легко зминається, погано розколюється. Тому використовують спеціальні крупорізки. Принцип їхньої дії досить простий. Крупа надходить усередину обертового барабана з радіальними каналами. Потім вона попадає у отвори, та в результаті дії відцентрової сили просувається до зовнішньої поверхні барабана і на виході з отворів зрізується ножами ножової рами. Такі крупорізки розрізають ядро на декілька частин, причому можна регулювати крупність частин, при цьому кількість мучки, що утвориться, не перевищує 1 %.

Для подрібнення зерна кукурудзи на великі частини з одночасним відділенням зародка використовують дежермінатори. Робочий орган дежермінатора – конічний барабан, на поверхні якого є великі рифли, нанесені у вигляді гвинтової лінії з великим кроком, а потім у вигляді пірамід з різними підставами. Навколишній барабан конічна обичайка має також виступи, а в нижній частині сито з

товстої сталі. Зерно, що надходить у вузьку частину конічного зазору, руйнується рифлями і пірамідами. Дрібні фракції просіваються крізь отвори сита, а великі частини зерна, оболонки і зародок, що відділилися, виходять із робочої зони в її широкій частині. Для зменшення виходу дрібних фракцій ядро чи зерно зазвичай піддають гідротермічній обробці, що знижує крихкість ендосперму.

**7. Контроль крупи, побічних продуктів і відходів.** Контроль крупи, побічних продуктів і відходів – це певна технологічна операція. При контролі крупи з неї додатково видаляють домішки, подрібнене ядро і не лущені зерна. При контролі побічних продуктів (мучки, лузги) з них виділяють доброякісне ядро, яке може бути використане для вироблення крупи, а також розділяють побічні продукти на більш цінні (мучка) і менш цінні (лузга).

Цілу крупу контролюють у просіваючих машинах, в яких видаляють великі домішки, а також дрібні домішки разом із подрібненим ядром. Для виділення легких домішок застосовують аспіратори. Для видалення нелущених зерен, що залишилися, можна використовувати круповідокремлювальні машини, які особливо ефективні для рису і вівса. Для подрібненого ядра (рису дробленого, проділу) застосовують ту ж схему. Круповідокремлювальні машини не використовують, тому що в подрібненій крупі майже немає нелущених зерен.

Мучку і лузгу контролюють в просіваючих машинах і аспіраторах. В результаті контролю крупи вміст у ній домішок не повинне перевищувати норм, встановлених стандартами.

Подрібнену номерну крупу (перлову, ячну, пшеничну, кукурудзяну шліфовану) в процесі контролю розділяють на відповідних ситах за номерами. Потім крупу кожного номера для видалення легких домішок контролюють в аспіраторах. Всі продукти: крупу, побічні продукти і відходи – перед відвантаженням обов'язково контролюють у магнітних сепараторах. На контроль направляють крупу з домішками, які залишилися після обробки зерна в зерноочисному відділенні. Властивості крупи відрізняються від властивостей зерна, і різниця в її властивостях і властивостях домішок буде трохи іншою. Отже, створюються й інші умови для виділення домішок із крупи. Проведені дослідження виділення домішок із гречаної крупи в процесі її контролю показали досить високу ефективність цього прийому.

## ПЕРЕРОБКА ЗЕРНА КРУП'ЯНИХ КУЛЬТУР У КРУПУ І КРУП'ЯНІ ПРОДУКТИ

- 1. Технологічні схеми переробки зерна в крупу.**
- 2. Виробництво крупи.**
- 3. Нові технології виробництва продуктів швидкого приготування.**
- 4. Автоматизація круп'яних заводів.**

**1. Технологічні схеми переробки зерна в крупу** розробляють виходячи з фізичних властивостей і будови зерна, асортиментів вироблюваної продукції. Схема підготовки зерна всіх круп'яних культур включає етап виділення домішок, який залежить від фізичних властивостей зерна, наявності в зерні характерних, особливо важковідокремлювальних, домішок, можливих способів їх відділення. Найпростіша схема виділення домішок із зерна кукурудзи і насіння гороху, причому при підготовці гороху застосовують тільки повітряно-ситові сепаратори і розсів, у яких поряд із фракціонуванням насіння виділяють дрібний горох і дрібні домішки. Схему виділення домішок із зерна кукурудзи доповнюють каменевідокремлювачем.

Для виділення домішок із зерна інших круп'яних культур використовують багато машин і операцій.

При підготовці зерна ячменя, пшениці, кукурудзи застосовують попереднє лущення зерна, для більшості круп'яних культур використовують гидротетермічну обробку.

Зерно круп'яних культур, у якого плівки не зрослись із ядром, переробляють за схемою із проміжним добором ядра, що дозволяє уникнути зайвого дроблення ядра. Це важливо тому, що основним видом продукції при переробці зерна цих культур є крупа із цілого ядра.

Зерно інших круп'яних культур переробляють за схемою без проміжного добору ядра, причому в асортименті готової продукції із цього зерна є крупа із практично цілого та дробленого ядра.

Поряд із крупою і круп'яними продуктами одержують побічні продукти, відходи, лузгу.

До побічних продуктів відносять мучку і кормову дробленку.



Відходи ділять на три категорії: 1-у і 2-у категорії відносять до кормових відходів, 3-ю - до некормових, які представляють собою органічні і мінеральні домішки, а також деякі види лузги (рисова, гречана); у їхньому складі нормального зерна не має бути більше 2 %. До кормових відходів відносять вівсяну і ячмінну лузгу.

Нижче представлені основні схеми підготовки і переробки зерна різних круп'яних культур. Технологічні схеми представлені або в скороченому виді, або як фрагменти схем. У них не завжди зображений контроль крупи і побічних продуктів. Якщо паралельно переробляють зерно декількох фракцій, показується переробка однієї чи двох фракцій.

**2. Виробництво крупи. Виробництво пшоно.** Пшоно є одним із традиційних видів крупи. Єдиним видом крупи, що випускається на підприємствах, є пшоно шліфоване.

Пшоно – ціле й частково колоте ядро, що не проходить через сито із круглими отворами  $\varnothing$  1,5 мм. Побічними продуктами є кормова дробленка, одержувана проходом крізь сито з отворами  $\varnothing$  1,5 мм і не проходить крізь металотканое сито № 056. Проходом останнього одержують мучку.

Просо має дрібне кулясте зерно, покрите квітковими плівками різного кольору. Кращі технологічні властивості мають сорти із кремовими і жовтими плівками, трохи поступаються їм сорти із червоними плівками. Важковідокремлювальними домішками в просі є насіння багатьох бур'янів, практично невіддільними – зерна із зіпсованими ядрами. При переробці пересушеного зерна одержують велику кількість дробленого ядра.

Підготовка зерна до переробки. Практично єдиним етапом підготовки зерна є очищення його від домішок і відділення дрібного зерна. Основне очищення зерна здійснюється в повітряно-ситових сепараторах, каменевідокремлювачах. Важковідокремлювальні домішки, а також дрібне зерно виділяють, застосовуючи фракційний метод сепарування (як правило, в круп'яних розсівах А1-БРУ) з поділом зерна на велику і дрібну фракції.

До дрібного зерна відносять прохід сита з отворами розміром  $1,4 \times 20$  мм. Для його відділення застосовують сита з отворами  $1,5 \times 20$  чи навіть  $1,6 \times 20$  мм. Це дозволяє за рахунок деякої втрати зерна з

відходами виділити значну частину важковідокремлюваних домішок, тому що їхні розміри відповідають розмірам виділеного дрібного зерна.

Відходи, що залишилися, просівають на ситі з отворами розміром 1,2 x 20 мм, схід з якого направляють у кормові, а прохід – у некормові відходи.

Поділ зерна на фракції здійснюють на ситах з розмірами отворів 1,7 чи 1,8 × 20 мм.

Переробка зерна в крупу. Зерно луцять за схемою без проміжного добору ядра. Застосувати схему із проміжним добром ядра можливо, але існуючі машини при круповідокремленні не ефективні, і їхнє застосування недоцільно.

Для луцання зерна застосовують в основному однодекові чи двухдекові вальцедєкові верстати. Робочими органами верстатів є валки, покриті абразивною масою із дрібнозернистого шліфзерна (№ 80-63 на першій системі, 63-50 – на другий і третій). Робоча поверхня деки виконується з гумовотканинних пластин РТД чи зі спеціального поліуретану. З метою ефективнішого луцання на першій системі луцять роздільно зерно крупної і дрібної фракцій, що забезпечує луцання 80...90 % зерна. Тому що при луцанні проса утворюється порівняно мало дробленки і мучки, їх не відсівають, а виділяють разом з лузгою під час трикратного сепарування в повітряних сепараторах. Суміш луцених і нелуцених зерен крупної і дрібної фракцій об'єднують і спільно направляють на другу, а потім і третю систему луцання. Тому що лузги після цих систем утворюється значно менше, ніж після першої, то досить для її відділення застосувати одну-дві системи провіювання в повітряних сепараторах. Багаторазовий пропуск уже луцених зерен дозволяє здійснити часткове шліфування крупи.

Ретельніше шліфування крупи рекомендується проводити або в машинах А1-ЗШН-3, або у гвинтопресових машинах У1-БШП. У випадку застосування машин для шліфування вихід готової крупи зменшується на 3...5 %.

На крупозаводах великої продуктивності доцільно переробку зерна різної крупності проводити до одержання готового продукту роздільно.

Останнім часом на ряді підприємств процеси луцання і шліфування здійснюють у машинах А1-ЗШН-3. Проведені в МГУПІ дослідження якості крупи, отриманої з використанням машин

аналогічного принципу дії, показали трохи менший вихід крупи, але кращі її споживчі властивості і стійкість при зберіганні.

Контроль крупи здійснюють просіванням її в розсівах чи крупо сортувальних машинах, де відокремлюють дробленку і мучку, а також деякі домішки, що залишилися в крупі. Після виділення в аспіраторях легких домішок і магнітного контролю крупу направляють у бункери для готової продукції. Також здійснюють контроль лузги і мучки.

ДСТУ передбачає 4 сорти пшона: Вищий, перший, другий, третій.

**Виробництво гречаної крупи.** Найбільш широкою популярністю користується гречана крупа-ядриця і проділ. Ядриця – ціле чи злегка надколоне ядро, що не проходить крізь сито з отворами розміром  $1,6 \times 20$  мм. Проділ – колоте ядро, що проходить крізь сито  $1,6 \times 20$  і не проходить через металоткане сито № 08. Крім звичайних ядриці й проділу частіше виробляють ядрицю і проділ швидкорозварювані із зерна, підданого гідротермічній обробці. Ядриця випускається трьох сортів: першого, другого і третього; проділ на сорти не ділиться.

Зерно гречки покрите порівняно товстими плодовими оболонками. Своєрідна тригранна форма зерна і відповідно ядра, а також оригінальне розташування великого (масова частка до 15 %) зародка усередині ядра сприяє підвищеній крихкості останнього.

Важковідокремлювальними домішками в гречці вважаються пшениця, дика редька, особливо татарська гречка (карлик) та ін.

**Підготовка зерна до переробки.** Процес підготовки зерна включає його очищення від домішок, гідротермічну обробку і фракціонування. Поряд зі звичайними зерноочисними машинами – повітряно-ситовими сепараторами, каменевідокремлювачами і трієрами для очищення зерна від домішок широко використовуються круп'яні розсіви А1-БРУ, а також сита із трикутними отворами. Схема ситового сепарування з використанням сит із круглими, довгастими і трикутними отворами у поєднанні із фракціонуванням дозволяє досить повно виділяти основну масу домішок. Принципова спрямованість схеми полягає у фракціонуванні зерна на ситах із круглими отворами з наступним просіванням фракцій на ситах з довгастими і трикутними отворами, розміри яких підбирають виходячи із крупності зерна. Так, для дрібної фракції, отриманої проходом сит із круглими отворами  $\text{Ø } 4,0 \dots 4,2$  мм, застосовують

сита з довгастими отворами розміром  $2,2...2,4 \times 20$  мм і сита із трикутними отворами розміром  $5...6$  мм. Для крупної фракції, отриманої сходом із зазначеного сита, застосовують сита з отворами розміром відповідно  $2,4...2,6 \times 20$  мм і  $7...8$  мм. На ситах з довгастими отворами відсіваються такі домішки, як дрібні зерна пшениці, ячменя, вівса, на ситах із трикутними отворами – дика редька, вика та ін. довгі домішки, що залишилися, виділяють в трієрах-вівсюговідбірниках з розміром комірок  $6...7$  мм. Перспективним є використання для виділення домішок концентраторів.

Гідротермічна обробка гречки. Споживач віддає перевагу крупі із зерна, підданого гідротермічній обробці, тобто швидкорозварюваній крупі. Всі сучасні крупозаводи мають устаткування для гідротермічної обробки зерна. Пропарювання зерна проводиться в пропарювачах періодичної дії А9-БПБ. Режим, що рекомендується, пропарювання – тиск пари  $0,25...0,30$  МПа, експозиція 5 хв. Подібного ступеня обробки зерна можна досягти за інших параметрів пропарювання. Між тиском пари і тривалістю пропарювання існує приблизний зв'язок.

Таким чином, величини тиску пари і експозиції пропарювання перебувають у зворотній залежності, але тиск пари нижче  $0,15$  МПа використовувати не слід, тому що, незважаючи на значне збільшення тривалості пропарювання, необхідного ефекту не досягається.

Сушіння пропареного зерна проводиться до його вологості не вище  $13,5$  %, після чого зерно необхідно остудити або в аспіраторі, або в спеціальних охолоджувальних колонках.

Дослідження, проведені в МГУПП і ВНИИЗ, показали можливість використання при сушінні пропареного зерна високотемпературного сушильного агента, а також інфрачервоні-промені.

**Виробництво рисової крупи.** Як відомо, рис – друга за валовим збором зерна культура в світі. Для половини людства продукти переробки рису є основними в щоденному харчуванні. Важливе місце займають подібні продукти вироблені в нашій країні. Основним продуктом переробки рису є крупа рис шліфований, яка може вироблятися 4-ох сортів вищого, першого, другого і третього. Крім того, випускається рис дроблений шліфований, а також і в невеликих кількостях рисове борошно для дитячого харчування і рисові пластівці.

Рис-зерно як об'єкт переробки має багато характерних рис, що

утруднюють процес виробництва крупи.

Існує два основних різновиди рису округлої і подовженої форми. Для переробки кращий рис зі склоподібним ядром. Важливою особливістю ядра є так звана тріщинуватість. Хімічний склад і структура ядра сприяють появі тріщин як при зволоженні, так і при сушінні зерна. Наявність тріщин у ядрі знижує вихід цілої крупи. При неправильному зберіганні зерна, що призводить до його самозігрівання, частина ядер жовтіє, а, тому що кількість пожовтілих ядер у крупі обмежується, часто за цим показником знижується сорт крупи або вона стає нестандартною. Є окремі партії рису, частина ядер яких пофарбована в червоно-бурий колір оболонками. В цих випадках лущене зерно вимагає інтенсивнішого шліфування, що, природно, знижує вихід крупи. Часто в рисі зустрічаються й недоспілі зелені зерна.

До числа важковідокремлювальних домішок відносять різного роду просянки, грудочки землі та т. ін.

Підготовка зерна до переробки. Основними етапами підготовки зерна до переробки є виділення домішок і фракціонування зерна. Виділення домішок рекомендують починати із провіювання всієї маси зерна в повітряних сепараторах при форсованих режимах повітряного потоку. При цьому з повітрям несуться не тільки легкі домішки, але й погано виповнені і недоспілі зерна. Основна маса зерна, що надходить на перше сепарування очищається від домішок і ділиться на дві-три фракції.

Розміри отворів сит на системах другого сепарування підбирають відповідно до розмірів зерна кожної фракції. Для зерна округлої форми в основному застосовують сита із круглими отворами, подовженої – з довгастими. Мінеральну домішку виділяють із кожної фракції в каменевідокремлювачах.

Проведені у ВНДІЗ дослідження показали можливість виділення недоспілих зерен із фракції легкого зерна у відцентрових сортувальних машинах, тому що в них під дією відцентрової сили більш податливі недоспілі зерна продавлюються крізь сита з отворами розміром  $2,2 \times 20$  мм.

При очищенні рису зерноочисні машини мають продуктивність в 2...3 рази нижче паспортної.

Гідротермічна обробка зерна. У світі близько 25 % крупи виробляється із застосуванням гідротермічної обробки зерна. У

Росії є тільки один невеликий завод, на якому застосовується така обробка зерна. У літературних джерелах описана величезна кількість різних способів і режимів гідротермічної обробки рису, але майже всі вони працюють за однієї загальної схеми. Ця схема включає замочування зерна холодною, теплою чи гарячою водою до вологості близько 30 %, потім його теплову обробку шляхом пропарювання, обробку в гарячій воді під тиском чи високотемпературним сушінням. Заключною стадією процесу є висушування зерна до технологічної вологості порядку 15...16 %.

При використанні гідротермічної обробки істотно знижується вихід дробленої крупи, підвищується харчова і споживча цінність крупи за рахунок більшої кількості білка і особливо вітамінів. У той же час впровадженню гідротермічної обробки заважає складність процесу, більші капітальні і експлуатаційні витрати. Крім того, рисова крупа має незвично янтаро-жовтий колір, хоча зварений рис має білий колір і розсипчасту консистенцію.

Переробка рису в крупу. Процес переробки рису включає його лущення, сортування продуктів лущення, у тому числі круповідокремлення, шліфування і крупи, контроль крупи і відходів.

Основною машиною для лущення рису є двохвальцьовий луцильник із гумовими чи покритими поліуретановими вальцями. Однак для лущення дрібного і недосплого зерна округлого рису рекомендують застосовувати луцильні постави, тобто машини інтенсивнішої дії, тому що плівки зерна цих фракцій відділяються важче. Всі фракції подовженого рису рекомендується лущити тільки на двохвальцьових луцильниках.

Задовільний ефект роботи луцильних машин характеризується коефіцієнтом лущення вище 85 % при виході дробленого ядра не більше 2 %.

Для сортування продуктів лущення можуть бути використані дві технологічні схеми.

Перша схема є найбільш простою і полягає в відсіванні продуктів лущення в аспіраторах, де при форсованих режимах повітряного потоку віддаляється лузга, мучка і дрібна дробленка. Суміш, лущених і нелущених зерен, що залишилася, розділяється в круповідокремлювальних машинах, у якості яких використовують падді-сепаратори. Крім падді-сепараторів можливе застосування самопливних круповідокремлювачів, а також концентраторів.

Виділені лущені зерна направляють на шліфування, нелущені зерна – на повторне лущення в ті ж або спеціально виділені лущильні машини. Такі схеми застосовують на заводах невеликої потужності, на великих промислових підприємствах застосовують складніші технології сортування продуктів лущення.

Одна з таких схем включає попереднє сортування продуктів лущення в розсівах А1-БРУ. В розсівах можна виділити мучку і дрібну дробленку проходом крізь сита з отворами  $\text{Ø}$  1,5 мм, розділити ж суміш лущених і нелущених зерен повністю не можна, однак застосовуючи сита з отворами  $\text{Ø}$  5,0 і 3,6...3,8 мм, можна сходом перших сит виділити деяку кількість крупних нелущених зерен, проходом других сит – дрібних лущених зерен. Нелущені зерна направляють на повторне лущення, а лущені – на шліфування після відсівання із цих продуктів лузги.

Схід із сит з отворами  $\text{Ø}$  3,6...3,8 мм являє собою суміш лущених, нелущених зерен і лузги. Після відсівання лузги суміш, що залишилася, направляють на круповідокремлювальні машини. Кількість продукту, що направляється на круповідокремлення, скорочується в порівнянні з кількістю такого ж продукту в першій схемі приблизно на одну третину, на стільки ж скорочується кількість круповідокремлювальних машин. Виділені з розсівів і круповідокремлювальних машин нелущені зерна повертають на повторне для лущення в сходових лущильних машинах, отримані фракції лущених зерен роздільно чи спільно (останнє на заводах невеликої продуктивності) направляють на шліфування.

Шліфування крупи відбувається в результаті багаторазового пропуску її крізь робочі органи спеціальних шліфувальних машин. Важливість цієї операції полягає в тому, що в процесі шліфування утворюється основна кількість дробленого ядра внаслідок високих силових навантажень на кожне ядро. В процесі шліфування з поверхні кожного ядра знімаються плоді і насінні оболонки віддаляється зародок. Типова схема процесу шліфування включає 4...5 послідовних систем, причому на першій системі застосовують машини А1-БШМ-2,5, на наступних – шліфувальні пости РС-125 або СГ-1250. Останні машини можна встановлювати на всіх системах шліфування. Інтенсивніше варто шліфувати крупу, якщо в партії зерна, що переробляється, є зерна з пофарбованим ядром. Для дробленої крупи виділяється окрема система шліфування.

Після кожної шліфувальної машини для відділення мучки із

продуктів шліфування застосовують повітряні сепаратори.

Шліфована ціла і дроблена крупа контролюється в розсівах, повітряних сепараторах, а також у падді-машинах. Останні машини особливо важливі при виробництві крупи вищого сорту, тому що ця крупа єдина, у якій взагалі не допускається наявності нелущених зерен. Шліфований рис одержують у розсвіві сходом крізь сита № 2,8...2,5, рис дроблений – сходом сит № 1,2, проходом останніх сит одержують мучку.

**Виробництво вівсяних продуктів.** Якщо продукти переробки рису широко поширені в країнах південно-східної Азії, центральних районах Америки і Африки, то в центральній і північній Європі, Америці та інших районах великою популярністю користуються різні вівсяні продукти. В Росії виробляються вівсяна недроблена крупа, пластівці «Геркулес» і «Екстра», а також толокно. Крім того, розроблена технологія виробництва вівсяної плющеної крупи і пелюсткових пластівців.

Вівсяні продукти мають високу харчову цінність, а також ряд особливостей, які дозволяють використовувати їх у якості дієтичних і для дитячого харчування.

Зерно вівса високоплівчате, вміст квіткових плівок у ньому досягає 25...30 % і більше. Ядро має опушення, що складається з волосків, хімічний склад яких близький до складу квіткових плівок. Іншою особливістю ядра є вміст у ньому великої кількості жиру – 6 %, досить нестійкого при зберіганні. Тому з метою інактивації ліполітичних ферментів, відповідальних за псування жиру і, відповідно, продуктів переробки, при їхньому виробництві обов'язкова гідротермічна обробка.

**Підготовка зерна до переробки.** Підготовка зерна до переробки включає етапи очищення його від домішок, гідротермічну обробку і фракціонування.

Типова схема очищення зерна від домішок включає повітряно-ситовий сепаратор, каменевідокремлювач, а також розсіви для додаткового відділення дрібного зерна проходом крізь сита з отворами розміром  $1,8 \times 20$  мм і поділу зерна на фракції на ситі з отворами  $2,2 (2,3) \times 20$  мм.

Дрібну фракцію зерна направляють у трієр-кукілевідбірник для виділення коротких домішок, велику – в вівсюговідбірник для виділення довгих домішок. Останнє навряд чи доцільно, тому що найбільш характерна довга домішка – вівсюг ненабагато довший за



основне зерно. Більш ефективним є виділення із цієї фракції коротких домішок. Доцільно для очищення вівса використовувати концентратори, які дозволяють виділяти не тільки дрібні домішки, але і вівсюг. Варто приділити особливу увагу виділенню ячменя, підбираючи відповідні сита в сепараторі і розсівах.

Дрібне зерно додатково просівається в розсіві чи бураті на ситах з отворами розміром 1,4...1,5 × 20 мм, проходом яких відокремлюють некормові відходи.

**Виробництво крупи з гороху.** Горох є цінною культурою, насіння якого містить майже в 2 рази більше білка, ніж, наприклад, пшениця, ячмінь та інші культури. Його насіння крупне, має форму кулі, покрите напівпрозорими насінними оболонками, сім'ядолі мають жовте чи зелене забарвлення. У горосі часто зустрічаються поїдені і зіпсовані зерна, наявність яких приводить до зниження виходу крупи і особливо її якості.

З гороху виробляють два види крупи: горох цілий лущений і горох колотий лущений двох сортів: першого і другого.

Підготовка гороху до переробки. Технологічна схема включає етапи виділення домішок, гідротермічної обробки, фракціонування.

Виділення домішок відбувається в результаті дворазового пропускання гороху крізь повітряно-ситові сепаратори, у яких сходом із сит з отворами Ø 10 мм виділяють крупні домішки, а проходом крізь сита з отворами Ø 5 мм – дрібне зерно із дрібними домішками. Дрібне зерно контролюється в машинах, що просівають, на ситах з отворами Ø 2,5 мм, проходом яких виділяють некормові відходи, а сходом – дрібний горох.

Для виділення поїдених зерен раніше застосовувалися стрічкові гороховідбиральні машини, принцип дії яких заснований на швидкості скочування насіння по похилій площині. Нормальне насіння, у яких геометричний центр збігається із центром ваги, скачуються швидше, а поїдені, у яких через порожнини усередині насіння ці центри не збігаються, скачуються повільніше. На жаль, ці машини мають низьку продуктивність і на вітчизняних горохозавах не застосовуються.

За необхідності повністю звільнити крупу від поїденого і зіпсованого насіння можна пропустити горох через оббивальну машину чи відцентровий луцильник. У цьому випадку менш міцні дефектні насінини розколюються, і їх можна відокремити на ситах за

рахунок втрати деякої кількості нормального насіння.

З метою підвищення виходу цілої крупи і видалення специфічного бобового запаху горох піддають гідротермічній обробці. Основним методом вважається його пропарювання при тиску пару 0,10...0,15 МПа протягом 2,0...2,5 хв. Потім горох висушують до вологості 14,0...15,0 % і охолоджують.

Можна пропарювання замінити зволоженням гороху на 2,0...2,5 %, відволоженням протягом 20...30 хв. і сушінням до вихідної вологості. Однак цей спосіб не вирішує другого завдання обробки.

Переробка гороху в крупу. Перед переробкою горох ділять на дві фракції так, щоб кількість насіння у кожній фракції було приблизно однаковою.

Для цього в розсіві встановлюють сита з отворами  $\text{Ø } 7,0 - 6,5 - 6,0$  мм. Схід першого сита направляють у велику фракцію, прохід третього – у дрібну. Залежно від крупності гороху сходи із сит з отворами  $\text{Ø } 6,5$  і  $6,0$  мм приєднують до крупної чи дрібної фракції.

Схема переробки гороху включає дві системи обробки в машинах А1-ЗШН-3 цілого гороху крупної фракції та дві – дрібні фракції. Роздільна переробка гороху дозволяє застосувати раціональні режими його луцення і шліфування, а також повніше відокремлювати колотий горох від цілого.

Продукти луцення перших систем сортуються в розсівах, де сходом із сит з отворами розміром  $4 \times 20$  мм для крупної і  $3 \times 30$  мм для дрібної фракцій відокремлюють цілий горох, що після провіювання в повітряних сепараторах направляють на машини А1-ЗШН-3 другої системи. Прохід цих сит і схід сит з отворами  $\text{Ø } 3$  мм являє собою колотий горох і після провіювання його також обробляють на машині А1-ЗШН-3, спеціально виділеної для колотого гороху із усіх систем луцення цілого гороху. Прохід крізь сито з отворами  $\text{Ø } 3$  мм, одержуваний із всіх систем обробки цілого і колотого гороху, є сумішшю дробленого гороху, проділу і мучки.

Після обробки цілого гороху в машинах А1-ЗШН-3 другої системи продукти луцення сортують у розсівах, де встановлені такі ж сита, як і в розсівах першої системи. Сходом із сит з отворами розміром  $4 \times 20$  мм і  $3 \times 20$  мм одержують готову крупу – цілий горох луцений. Її після провіювання і магнітного контролю направляють у бункери готової продукції.

Колотий горох з розсівів других систем луцення направляють на обробку разом з колотим горохом з розсівів першої системи. Після

системи лушення колотого гороху готова крупа – колотий горох, отриманий сходом із сит з отворами  $\varnothing$  3 мм – провіюється і після магнітного контролю направляється в бункери для готової продукції.

З метою поліпшення товарного виду перед подачею готової крупи в бункери можна додатково обробити крупу на щіткових машинах для її полірування. При цьому з поверхні крупи віддаляється мучка, що залишилася, поверхня крупи стає блискучішою.

Суміш продуктів, що пройшли крізь сита з отворами  $\varnothing$  3 мм, може являти собою кормовий продукт, а може бути на ситах з отворами  $\varnothing$  1,5 і 1,0 мм розділена на індивідуальні продукти: дроблений горох, проділ і мучку.

**3. Нові технології виробництва продуктів швидкого приготування.** Багато круп'яних продуктів вимагають тривалого часу їхнього готування як у громадському харчуванні, так і в домашніх умовах. Із цієї причини багато цінних продуктів мало використовуються, особливо в домашніх умовах. Так, тривалість варіння вівсяної крупи досягає 40 хв. і більше, а крупи перлової, пшеничної, особливо перших номерів, 1,5 години і більше. Ще довше вариться горох. Трохи скорочує тривалість варіння крупи гідротермічна обробка зерна або крупи, але найдійовішим способом прискорення варіння крупи є її плющення.

Виробництво швидкорозварюваної крупи. ВНДІЗ розроблена технологія виробництва швидкорозварюваної ячмінної, пшеничної і горохової крупи. Як напівфабрикат виробляють перлову крупу № 1, 2, 3 і таких же номерів пшеничну крупу, а також горох колотий.

Технологія передбачає інтенсивну гідротермічну обробку і плющення крупи. Обробка полягає у зволоженні крупи до вологості 25...27 %, відволожені при постійному перемішуванні крупи щоб уникнути її злипання протягом приблизно 40 хв., пропарювання при тиску пари 0,10 МПа протягом 3 хв. і повторне відволоження в аналогічних умовах і протягом такого ж часу, підсушування до вологості 23...25 % і плющення на рифлених вальцях із щільністю 10 рифлей в 1 см і відношенням швидкостей 1:1. Зазор між вальцями встановлений, для гороху 1,5...1,7 мм, для перлової і пшеничної крупи № 1 – 0,5 мм, № 2 – 0,4 мм, № 3 – 0,2 мм.

Плющену крупу потім калібрують на встановлених для

кожного виду і номеру крупи ситах, де відокремлюють мучку і крихту, а також злиплі грудочки крупи.

Тривалість варіння горохової крупи – 30 хв., крупи № 1 – 25, № 2 – 20 і № 3 – 15 хв.

Виробництво зернових пластівців за технологією МГУПП. Розроблена ВНДІЗ технологія виробництва швидкорозварюваної крупи вирішує тільки одну із завдань підвищення харчової цінності круп'яних продуктів. Невирішеним залишається усунення ще двох недоліків технології виробництва ячмінної і пшеничної крупи, що полягають у низькому виході крупи і як внаслідок цього – істотне збіднення крупи білком, вітамінами, мінеральними речовинами і т. д. Крім того, тривалість варіння залишається все-таки досить великий, а технологія утруднена високим злипанням крупи при зволоженні і відволоженні. В МГУПП розроблена технологія пластівців з ячменя й пшениці, що практично усуває ці три недоліки.

Сутність нової технології полягає в тім, що проводять гідротермічну обробку. При цьому зерно не злипається і не злежується в бункерах протягом тривалого часу, не потрібно його перемішувати.

Гідротермічну обробку очищеного від домішок зерна починають із його зволоження гарячою водою до вологості 25...27 %, відволоження протягом 12...16 год у бункерах. Далі зерно пропарюють у пропарювачах безперервної дії і підсушують у сушарках до вологості 22...24 %. Після охолодження зерно луцять у луцильниках А1-ЗШН-3 до потрібного виходу лущеного ядра. Вихід ячмінного ядра може бути до 75...80 %, пшеничного – будь-яким, але бажано не вище 95 %. Тому що в результаті підсушування зовнішні шари зерна і, відповідно, ядра трохи сухіше його центральної частини, то для вирівнювання вологи краще перед плющенням невелике (1...2 год) відволоження.

Плющення ядра можна робити в плющильних машинах. За їхньої відсутності – у вальцьових верстатах. Тривалість пропарювання пластівців не більше 5...7 хв. Установлена також можливість виробництва житніх пластівців за цією технологією з уточненням деяких параметрів процесу.

Короткі відомості про виробництво кукурудзяних пластівців. На відміну від описаних вище продуктів кукурудзяні пластівці є готовими до вживання. Технологія виробництва таких

пластівців заснована на екструзійному варінню сировини, формуванні гранул для плющення в пластівці. Кукурудзяна дрібна крупа разом з компонентами, що надають необхідний смак – цукром, сіллю і солодовим екстрактом – перемішується в змішувачі і подається в екструдер, туди ж додається вода. Робоча частина екструдера має дві зони: у першій зоні відбувається варіння крупи, у другий – охолодження вареного тіста, яка виходить із фільтр-екструдера і ріжеться на гранули заданого розміру. Гранули з вологістю близько 26 % потім розплющуються в пластівці і обсмажуються в печах різної конструкції гарячим повітрям з температурою 250...350°C. Після обсмажування пластівці готові до вживання.

**4. Автоматизація круп'яних заводів.** На круп'яних заводах автоматизація полягає в основному в дистанційному керуванні і контролі за роботою механізмів. Передбачають дистанційний централізований пуск електродвигунів устаткування; попереджувальну і контрольну сигналізацію про пуск, роботу і зупинку всього встаткування; автоблокування електродвигунів груп машин, щоб послідовність пуску – зупинка однієї з машин не викликала продукту; місцеве керування електроприводом кожної машини; можливість аварійної зупинки всіх електродвигунів із центрального пульта і з будь-якого поверху; дистанційне керування всіма засувками, випускними пристроями під силосами і бункерами; контроль навантаження електродвигунів транспортного, аспіраційного і іншого устаткування, блокування їх.

Стежати, щоб аспіраційні установки включалися разом з технологічним і транспортним устаткуванням, зупинялися через 2 хв. після зупинки аспіраційного встаткування. Для постійної рівномірної завантаження основних технологічних машин постійно підтримують певний рівень зерна в проміжних бункерах і силосах.

Процес приймання зерна, розміщення в сховищах, черговість обробки залежно від властивостей, режими очистки і сушіння і т. д. можуть контролюватися і задаватися з ЕОМ. На деяких закордонних заводах є системи, що включають заводську ЕОМ, на яку покладають керування і контроль за всіма електродвигунами, випускними пристроями, показниками рівня, вагами, змішувачами, датчиками вологості зерна і крупи. На ЕОМ також одержують звіти

про кількість прийнятого зерна, відпущеної продукції, її якості, обліку витрати електроенергії, робочого часу працівників і т. д. По етапах технологічного процесу можна здійснити автоматизоване керування такими процесами, як сушіння, лушення, шліфування і т. д. За автоматизованого керування процесом сушіння ЕОМ задає певний цикл сушіння залежно від вихідної вологості зерна. Тому що сушіння зерна проводять в кілька прийомів, при цьому по заданій програмі ЕОМ визначають і задають швидкість сушіння, температуру агента сушіння, вологість зерна після кожного пропуску через сушарку, тривалість відволоження в бункерах і т. д.

Лушення зерна – це один з основних процесів, найбільш енергоємний, причому, як правило, навантаження на електродвигун служать індикатором режиму його роботи. Автоматизоване керування процесом лушення дозволяє забезпечити оптимальне завантаження машини, автоматичне завантаження робочих органів або припинення подачі продукту, зупинку машини, її пуск після усунення причин, що викликали зупинку, і т. д.

Аналогічним образом управляють шліфувальними машинами. Крім того, режим роботи шліфувальних машин можна стабілізувати на основі матеріального балансу, тобто співвідношення кількості вступників і отриманих продуктів. Використовують досить прості і точні (погрішність до 1 %) вагові витратоміри безперервної дії. За допомогою ЕОМ роблять порівняння результатів шліфування мучки і залежно від їхнього співвідношення ЕОМ встановлює необхідний режим шліфування.

Більші перспективи відкриваються при застосуванні фотоелектронних сепараторів. Ці сепаратори не тільки можуть сортувати крупу, але й надавати інформацію про якість проміжних продуктів.

Незважаючи на труднощі, зв'язані зі складністю об'єктів і технологічних процесів, застосування комп'ютерної техніки сприяє підвищенню ефективності технології і продуктивності праці. На круп'яних заводах передбачена комплексна механізація всіх внутріскладських операцій з фасованою і затареною готовою продукцією, операцій по навантаженню готової продукції на автомобільний і залізничний транспорт, пакування готової продукції в мішки, внутріскладських операцій з переміщення тари, піддонів, рулонів паперу і т. д.

## СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ І ЇХ АСОРТИМЕНТ

- 1. Загальні відомості про комбікорми.**
- 2. Характеристика сировини.**
- 3. Продукція комбікормової промисловості.**
- 4. Рецепти комбікормів.**

**1. Загальні відомості про комбікорми.** Раціональна годівля сільськогосподарських тварин, птахів і риб визначає їх ріст, розвиток і продуктивність. Кожний кормовий засіб має свої достоїнства і недоліки. Продуктів, у яких були б всі необхідні для організму тварин живильні речовини і в потрібному співвідношенні, практично немає. Тому годівля окремими продуктами непродуктивна і вимагає зайвої витрати кормів. Наприклад, більшість зернових культур має високий вміст крохмалю, але порівняно мало білка. Щоб одержати необхідну кількість білка, потрібно скормити більше зерна, що не тільки веде до його перевитрати але й може порушити обмін речовин, позначитися на продуктивності. Якщо ж до зернової сировини додати певну кількість іншого продукту з високим змістом білка, те ця суміш виявиться набагато ефективнішою, так як білок і крохмаль будуть перебувати в співвідношенні, більше більш сприятливому для організму тварин. Крім того, у багатьох продуктах недостатньо, наприклад, вітамінів, солей макроелементів і ін.

Знаючи характеристику окремих продуктів, можна скласти суміш, в якій у сприятливому співвідношенні будуть основні поживні речовини, вітаміни і т. д. Така суміш називається комбінованим кормом, або комбікормом.

У порівнянні з індивідуальними кормами комбікорми мають ряд значних переваг: знижується витрата кормів на одиницю продукції, у складі комбікорму можна використовувати продукти, які окремо не застосовують для годівлі внаслідок поганого смаку, запаху структури і т. д.; цінність комбікорму підвищується за допомогою введення у нього незначної кількості біологічно активних речовин - вітамінів, солей мікроелементів, антибіотиків і т. д.; комбікормам можна надати форму, зручну для згодовування, механізації процесу роздачі корму й т. д.

Отже, комбікормом може бути названа суміш здрібнених до необхідної крупності кормових продуктів, складена за науково-обґрунтованими рецептами і правильно збалансована за вмістом поживних, мінеральних речовин, вітамінів і т. п.

**2. Характеристика сировини.** Для виробництва комбікормів використовують різні види сировини. У великій кількості входять до складу комбікорму продукти, що містять основний запас поживних речовин - білків, вуглеводів і ін., у меншій - ті компоненти, які багаті деякими окремими поживними речовинами, наприклад білком. Їхнє додавання підвищує загальний зміст цих поживних речовин у комбікормі. В порівняно малих кількостях додають компоненти, що складаються з однієї якої-небудь речовини або декількох речовин у дуже високих концентраціях.

Кормові засоби оцінюють за рядом показників. Одним із показників є загальна поживна цінність, яка виражається в кормових одиницях. Кормова одиниця еквівалентна поживній цінності 1 кг вівса з натурою 450-480 г/л і вологістю 13 %. Для більшої зручності розрахунків вказують кількість кормових одиниць в 100 кг корму. Наприклад, 1 кг вівса має 1 корм. од., 100 кг – 100 корм. од.

Найважливіша поживна речовина - білок, або протеїн, кількість якого виражають у відсотках. Проте має значення не тільки загальний зміст протеїну але і його засвоювальної або перетравлюваної частини. Кількість перетравного білка визначають для різних видів тварин експериментальним шляхом. Обмінна енергія представляє собою частину енергії, що втримується в одиниці корму, яка приймає участь в обміні речовин в організмі тварин.

Вміст жиру - кількість жиру у відсотках, що знаходиться в продукті.

Клітковина - вуглевод, що засвоюється тільки жуйними тваринами, її кількість обмежується в готовому продукті.

Крім цих - основних показників, враховують вміст амінокислот, складових білка, зміст окремих елементів, наприклад, у мінеральних кормах - вміст кальцію, фосфору, натрію і ін. Не кожний продукт оцінюють за всім комплексом показників, наприклад, у мінеральній сировині (крейда, сіль) не може бути білка і інших речовин.

Багато кормів містять речовини, надлишок яких в комбікормі небажаний внаслідок їхньої токсичності або інших специфічних властивостей, наприклад, госсіпол в шроті, фермент уреаза в соєвих



продуктах і т. д. Тому вміст цих компонентів у комбікормах обмежують. Визначити всі показники кормів шляхом безпосереднього аналізу не завжди можливо, багато аналізів трудомісткі займають багато часу, тому при оцінці якості сировини користуються середньостатистичними даними, зведеними в спеціальні таблиці.

Основою комбікормів є зернова сировина. Загальна кількість зерна в складі комбікорму сягає 65-70 % . Як відомо, зерно різних культур можна умовно розділити на три групи: злакові, зернобобові, олійні.

До злакових відносять пшеницю, жито, ячмінь, кукурудзу, овес, сорго, просо і ін. Особливість зерна цієї групи складається в високому вмісті вуглеводів (головним чином крохмалю) недостатній кількості білка. Крім того, протеїн багатьох зернових культур (кукурудзи, пшениці і ін.) є неповноцінним, тому що в ньому деякі амінокислоти містяться в недостатній кількості.

Зерно деяких культур (ячмінь, овес, просо) містить багато клітковини, яка знаходиться в зовнішніх оболонках. Тому для молодняку тварин, птиці і хутрових звірів використовують лущене зерно. Зерно злакових культур достатню кількість вітамінів групи В.

Зернова сировина входить у комбікорми в здрібненому виді. Для деяких видів тварин і птахів обмежуються окремі види зернової сировини, тому що їхній надлишок погіршує якість продукції, може негативно позначитися на здоров'ї тварин.

Крім цілого зерна, у комбікормах широко застосовують побічні продукти і відходи, які одержують при переробці зерна в борошно і крупи. Побічними продуктами є висівки і мучка. Ці продукти по поживній цінності небагато уступають цілому зерну, а по деяким показникам, наприклад вмісту білка, вітамінів, окремі продукти перевершують його. Крім того, в комбікормах використовують зернові відходи, одержувані на зернопереробних підприємствах.

Зернобобові культури, до яких відносять горох, боби, сою, люпин, відрізняються високим вмістом білка (протеїну). Їх вводять в комбікорми для підвищення вмісту протеїну. Недолік деяких зернобобових полягає в наявності у насінні інгібіторів (інактиваторів) перетравних ферментів, що знижує перетравність білків в організмі тварин. Для руйнування (інактивації) цих інгібіторів зернобобові можна піддавати тепловий обробці (пропарювання, прогрів і т. д.).

Олійні культури (соняшник, бавовник, соя, ріпак і ін.), як

правило, у вигляді цілого зерна в комбікорми не вводять. Їх вводять у вигляді макухи шротів. Якщо витяг роблять шляхом віджимання масла в пресах, відходи одержують у вигляді макухи, якщо масло екстрагують з розмеленого насіння органічними розчинниками – шроту. Особливість насіння олійних культур полягає в тім, що в них поряд з значною кількістю масла, міститься ще й багато білка. Тому макухи і шроти - це коштовне джерело рослинного білка, який відрізняється більш високою цінністю, ніж білок злакових і бобових. Проте деякі макухи і шроти містять отруйні речовини. Найбільше відомі з них госсіпол, що міститься в бавовниковому шроті, синильна кислота - у лляному і т. д. Наявність цих речовин приводить до обмеження введення шротів в комбікорми.

Трав'яне борошно представляє собою штучно висушену і розмелену траву, у ній міститься досить багато білка, а також каротину, що служить джерелом вітаміну А.

В комбікормовій промисловості широко застосовують продукти переробки рослинної сировини в харчовій промисловості: цукровій, крахмало-патоковій, спиртовій, пивоварній. Відходи цукрового виробництва: буряковий жом і кормова патока – меляса. Сухий буряковий жом є енергетичним компонентом, це висушена бурякова стружка після екстракції цукру. В ньому багато вуглеводів і його можна застосовувати для заміни зернової сировини, особливо для жуйних тварин.

Меляса представляє собою в'язку рідину, у якій близько 50 % розчинних вуглеводів. Меляса добре засвоюється організмом тварин, має приємний смак і запах. Комбікорми з додаванням меляси охоче поїдають тварини. Відходами крахмало-патокового виробництва є кукурудзяні корми, що представляють собою висушені і розмелені залишки зерна після витягу крохмалю.

Глютен - білкова частина зерна, що залишається після витягу крохмалю.

Продукти пивоварної і спиртової промисловості - суху дробину і суху барду - також використовують як заміну зернової сировини.

Корми тваринного походження: рибне, м'ясне, м'ясо-кісткове, кров'яне, крабове борошно, сухе знежирене молоко і т. д. - є найціннішими джерелами тваринного протеїну. Тваринний протеїн повноцінний, містить у своєму складі всі амінокислоти в потрібному співвідношенні. До кормів тваринного походження можна віднести і тваринні жири, які служать концентрованим джерелом енергії, їх

вводять у комбікорми в невеликих (2-5%) кількостях, але їхнє введення істотно підвищує обмінну енергію комбікорму.

Цінним білковим продуктом вважають кормові дріжджі, вирощені на різних продуктах - мелясі, висівках, метиловому спирті, метані. Кормові дріжджі містять дуже багато білка, а також великий набір різних вітамінів.

Мінеральні корми - крейда, вапняк, фосфати, поварена сіль і т. д. - необхідні для балансування комбікормів мінеральними речовинами.

У складі комбікормів використовують різні продукти, що містять біологічно активні речовини: вітаміни, мікроелементи, антибіотики і т. д. Введення в невеликих кількостях цих речовин підвищує засвоюваність поживних речовин, зберігає здоров'я тварин.

Наведені вище види сировини далеко не вичерпують весь їх перелік; постійно ведеться пошук джерел кормів. Одне з актуальних завдань - різке скорочення частки зерна в комбікормах у результаті більш широкого використання побічних продуктів переробки рослинної сировини, нових продуктів хімічного й мікробіологічного синтезу і т. д.

**3. Продукція комбікормової промисловості.** На комбікормових заводах виробляють комбікорми повнораціонні, комбікорми-концентрати, белково-вітамінні добавки (БВД), кормові суміші, премікси, карбамідний концентрат, замінники незбираного молока (ЗЦМ), а також окремі компоненти, піддані різним видам обробки для підвищення їхньої кормової цінності.

Основним видом продукції є повнораціонні комбікорми і комбікорми-концентрати, які виробляють для всіх видів тварин у розсипному або гранульованому виді. Повнораціонні комбікорми повністю задовольняють потребу тварин у поживних і мінеральних речовинах, вітамінах і ін.

Комбікорми-концентрати одержують із підвищеним вмістом білка, мінеральних речовин, вітамінів і ін. Звичайно їх використовують разом із грубими і соковитими кормами (сіном, силосом і т. д.).

Кормові суміші виготовляють в основному для великої рогатої худоби, найчастіше на основі побічних продуктів круп'яного виробництва (лузги, мучки і т. д.). При виготовленні сумішей у ці продукти додають мелясу, карбамід, крейду, сіль і інші добавки. В цих продуктах не міститься весь набір поживних речовин, але їх

можна використовувати як кормовий засіб.

Білково-вітамінні добавки - суміш білкових, мінеральних, біологічно-активних речовин. Вони призначені для безпосереднього згодовування тваринам, їх застосовують на міжгосподарських підприємствах для виробництва комбікорму на основі зерна, грубих кормів і ін. Поставка БВД на підприємства, які розташовані при тваринницьких господарствах, скорочує зустрічні перевезення зерна і готового комбікорму, вантажно-розвантажувальні роботи, економить транспортні засоби.

Премікси предствляють собою високодисперсну однорідну суміш різних біологічно активних речовин і мікродобавок з наповнювачем. Премікси служать для збагачення комбікормів і БВД, у які їх уводять в кількості відповідно 0,5...1 і 4...8 %. Підприємства випускають декілька видів преміксів з різним складом біологічно-активних речовин.

Премікси виробляють на спеціалізованих підприємствах, звідки вони направляються на комбікормові заводи.

Різновидом преміксів можна вважати збагачувальні суміші, які виготовляють безпосередньо на комбікормових заводах на спеціальних лініях. Вони зазвичай уступають спеціалізованим преміксам по набору біологічно-активних речовин.

Карбамідний концентрат представляє собою спеціальний вид добавок, який використовують для дорослих жуйних тварин, що виробляється на основі синтетичного карбаміду, зерна і бентонітів. Карбамідний концентрат служить у якості додаткового джерела білка, хоча сам білком не є.

Замінник незбираного молока (ЗЦМ) - це продукт, призначений для поїння телят, поросят і ягнят. ЗЦМ виготовляють на основі сухого обезжиреного молока, крохмалю, тваринних жирів, преміксів і ін.

Перед використанням ЗЦМ розчиняють у теплій воді.

**4. Рецепти комбікормів.** Комбікорми виробляють за спеціальними рецептами, у яких вказують види компонентів і їхній зміст у даному комбікормі. Рецепти складають, виходячи з виду тварин, птиці або риб, їхнього віку, господарської спрямованості (молочна, м'ясна, племінна худоба і т. д.).

Для позначення рецептів комбікормів прийнято першу цифру нумерації давати в межах десятків по наступній класифікації:

кури	1...9
індички	10..19
качки	20...29
гусаки	30...39
інші птахи	40...49
свині	50...59
велика рогата худоба	60...69
коні	70...79
вівці	80...89
кролики і нутрії	90...99
пушні звіри	100...109
риба	110...119
лабораторні тварини	120...129

У межах кожного десятка номер рецепта залежить від групи тварин. Різним комбікормам присвоюється індекс, наприклад концентратам – К; повнораціонним – ПК і т. д. Кожний рецепт має в назві номер групи і номер самого рецепта. Наприклад, рецепт ПК- 1-13 означає, що комбікорм повнораціонний для кур, а саме для кур несучок (вони мають першу групу), а сам рецепт має номер 13. Нижче приведено декілька рецептів комбікормів

Рецепт комбікорму-концентрату для поросят-сосунів від 31- до 60-денного віку (у відсотках):

Кукурудза	20
Ячмінне кормове борошно	34
Вівсяне кормове борошно	8
Горох	10
Висівки пшеничні	10
Макуха соняшникова	7
Дріжджі сухі кормові	2
Рибне борошно	3
Сухий обрат	5
Крейда	1

Рецепт білково-вітамінної добавки для м'ясної відгодівлі свиней:

Макуха:	
соняшникова	30
соєва	15
Дріжджі кормові	20
Горох	14
Висівки пшеничні	10,5
Крейда	6,5
Сіль	4

Рецепт преміксів для молодняку птахів в віці від 61 до 150 днів:

А - (сухий, стабілізований), млн. МЕ	700
Д - (сухий, стабілізований) млн. МЕ	100
В <sub>2</sub> - (рибофлавін), г	400
В <sub>3</sub> – (пантотенова кислота), кг	1
В <sub>4</sub> - (холинхлорид), кг	70
РР - (нікотинова кислота), кг	2
В <sub>12</sub> , г	3
Марганець, кг	5
Залізо, кг	2
Мідь, г	250
Цинк, г	900
Кобальт, г	200
Йод, г	200
Антиоксиданти, г	12,5

Ще недавно комбікорми виробляли у відповідності з збірником рецептів. Проте часто не можна виробити комбікорм за повної відповідності рецепту із-за відсутності якогось із компонентів. У цьому випадку доводиться прибігати до заміни одного компонента іншим. Різні компоненти не дивлячись на їх схожість не мають повністю однакового складу, тому доводиться перевіряти збалансованість рецепту з заміненним компонентом за всіма показниками, що практично неможливо. Крім того, може бути декілька варіантів заміни, які треба також оцінити із точки зору вартості комбікорму і т. д. Тому розрахунок рецептів проводять, виходячи з наявності сировини, а також вимог стандартів на якість комбікормів.

У стандартах зазначені обмеження по показниках якості

комбікорму, наприклад, вмісту білка (не менше ...), вмісту клітковини (не більше ...) і т. д. Крім того, в рецептах обмежують введення окремих компонентів або групи компонентів і т. д. Всі ці обмеження можуть бути враховані лише при розрахунку рецептів за допомогою обчислювальної техніки.

Розрахунок рецептів ведеться по стандартних програмах, заснованих на принципі лінійного програмування. Ціль розрахунку - відшукування так званого оптимального рецепту, якісні показники якого задовольняють вимоги фізіології тварин, включають мінімум дорогих і дефіцитних кормів, що робить вартість комбікорму мінімальною.

Застосування ЕОМ для планування виробництва комбікормів, поставок сировини, розрахунку оптимальних рецептів комбікормів дозволяє випускати ритмічно повноцінну комбікормову продукцію з мінімальною вартістю і витратами дефіцитної сировини, що дає високу економічну ефективність.

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ**

- 1. Структурна схема комбікормового заводу.**
- 2. Очистка сировини від домішок.**
- 3. Гідротермічна обробка сировини.**
- 4. Здрібнювання сировини.**
- 5. Дозування компонентів комбікормів.**
- 6. Змішування компонентів комбікормів.**
- 7. Пресування комбікормів.**

**1. Структурна схема комбікормового заводу.** Технологічний процес комбікормового виробництва, як і борошномельного і круп'яного, визначається відповідною нормативно-технічною документацією. Основним документом служать «Правила організації і ведення технологічного процесу виробництва» На підставі цього документа, а також ряду інших документів розробляють технологічну схему підприємства.

Технологічна схема представляє собою послідовність технологічних операцій. На відміну від борошномельних і великих заводів на комбікормових заводах переробляють багато видів сировини, причому сировина може бути у вигляді зерна, дрібних і крупних продуктів, у рідкому виді, у тарі і т. д. Із складів сировина подається в виробничий корпус де його переробляють. У зв'язку з таким різноманіттям сировини склади для його зберігання утворюють з виробничим корпусом більш тісну систему, більше впливають друг на друга при проектуванні і експлуатації комбікормового заводу. Технологічний процес включає приймання і зберігання сировини, його підготовку, подрібнення, дозування, змішування, пресування, зберігання і відпускання готової продукції.

Підготовка сировини полягає в його очистці від домішок, подрібненні, а також можливо в луценні. В окремих випадках проводять спеціальну підготовку сировини: теплову, гідротермічну і т. д. Підготовлені компоненти, крім рідких, направляють у бункери над дозаторами. Потім у відповідності до заданих рецептів їх дозують і направляють у змішувач. У результаті змішування одержують розсипний комбікорм. Рідкі компоненти можуть бути введені при змішуванні сипких компонентів. Весь розсипний комбікорм чи



частина його можуть бути гранульовані, причому рідкі компоненти можна вводити при гранулюванні. У складі готової продукції зберігають розсипні і гранульовані комбікорми. Відпустку комбікормів роблять зазвичай безтарним способом, хоча деяку частину відпускають у мішках.

**2. Очистка сировини від домішок.** Сировина, що надходить на комбікормові заводи, містить домішки, які необхідно вилучити. В деяких видах сировини вміст домішок вищий, ніж у зерні, що надходить на борошномельні і круп'яні заводи. Граничний вміст різних домішок в сировині встановлюється відповідними стандартами або технічними умовами. Наприклад, вміст смітної домішки в зерні різних культур не повинно перевищувати 5...8 %, у тому числі не більше 1 % мінеральної домішки, 0,2 % шкідливої і т. д.

У багатьох продуктах обмежується вміст металомагнітних домішок. Так, в висівках пшеничних і житніх повинно міститися не більше 5 мг домішок в 1 кг продукту, борошні рибному – 100, м'ясо-кістковому борошні – 100...200 мг і т. д. Вміст домішок в очищеній сировині визначається стандартами або технічними умовами на комбікорми.

Зерно очищають зазвичай в повітряно-ситових і магнітних сепараторах, борошністу сировину – в ситові і магнітних сепараторах. На ряді комбікормових заводів сировину деяких видів очищають в машинах високої потужності в процесі приймання сировини. На більшості ж заводів сировину очищають при обробці його на підготовчих лініях. При очищенні зернової сировини в повітряно-ситових сепараторах виділяють великі домішки, пісок, легкі домішки. В окремих випадках для виділення мінеральних домішок із зерна застосовують каменевідокремлювальні машини. При очищенні борошністої сировини виділяють тільки великі домішки, які потрапили при виготовленні, перевезеннях, розтарюванні і т. д. Рідкі види сировини для вилучення випадкових домішок очищають у сітчастих фільтрах-пастках.

На комбікормових заводах велику увагу приділяють виділенню металомагнітних домішок. Для більше ефективного виділення домішок на комбікормових заводах широко застосовують електромагнітні сепаратори різних конструкцій.

**3. Гідротермічна обробка сировини.** В останні роки все ширше

застосовують гідротермічну або термічну обробку зерна і деяких інших видів сировини. Гідротермічна обробка переслідує декілька цілей:

- підвищення перетравності вуглеводного комплексу в результаті гідролізу крохмалю і перетворення частини його в більше прості з'єднання – декстрини і цукри. Цей процес особливо важливий для молодняку тварин ферментної системи травного тракту, яких погано перетравлює крохмаль;
- інактивація інгібіторів травних ферментів і інших антипоживних речовин;
- стерилізація сировини тобто зниження рівня заселення мікрофлорою.

Існує досить багато способів обробки в тому числі з застосуванням енергетичних полів, екструдювання і т. д. Теплову обробку проводять підсмажуванням зерна гарячим повітрям або контактом сильно нагрітими поверхнями, для нагрівання яких використовують перегріте масло. Обробка зерна парою з наступною тепловою обробкою підвищує ефективність процесу.

Для обробки продуктів можна використовувати СВЧ-поля і ІК-випромінювачі. Потужний потік енергії, що підводиться до продукту, забезпечує швидкий прогрів його. Обробка продукту ІК - випромінюванням одержала назву мікронізація.

Підлягаючій обробці продукт проходить на стрічці конвеєра під ІК-випромінювачами, що представляють собою газові пальники особливої конструкції, протягом 30...90 с. При інтенсивному прогріві відбувається випар вологи усередині зерна, з'являються мікротріщини, у результаті механічної й хімічної деструкції частина крохмалю перетворюється в більше прості вуглеводи - декстрини. Потім гаряче зерно плющать у вальцьових верстатах, що в ще більшому ступені підвищує його доступність дії травних ферментів.

Одним з розповсюджених методів обробки продуктів є його екструдювання. Екструдювання представляє собою процес продавлювання продукту через фільтри під високим тиском і при високій температурі продукту. Підлягаючий екструзії продукт у спеціальних апаратах - екструдерах піддається стиску в процесі нагнітання шнеками, прогривається в результаті зовнішнього підведення тепла й тепла, виділеного при механічній обробці, продавлюється через фільтри, на виході з фільтрів за рахунок різкого зниження тиску відбуваються миттєве випарювання перегрітої

рідини, розширення повітря, ув'язнених у продукті. Продукт різко збільшується в обсязі, у результаті механічних навантажень і теплоти відбуваються відчутні фізико-хімічні зміни основних компонентів продукту; денатурація білка, клейстеризація і декстринізація крохмалю.

**4. Здрібнювання сировини.** Здрібнювання сировини – одна з найважливіших операцій у комбікормовому виробництві, що приводить до підвищення кормових достоїнств продуктів. Здрібнені продукти краще засвоюються, особливо в порівнянні з нездрібненим зерном. Однорідний за крупністю комбікорм краще пресується при виробництві гранульованих комбікормів і т. д. Здрібнена сировина, що вводиться в склад комбікорму в особливо малій кількості, розподіляється по всьому об'єму. Загальні питання теорії здрібнювання викладені в розділі «Технологія борошномельного виробництва», розглянемо особливості ведення цього процесу на комбікормових заводах.

Технологічний процес виробництва комбікормів передбачає грубе (велике) здрібнювання крупної сировини, кукурудзи в качанах, мінеральної сировини. Для великого здрібнювання встановлюють жмихоломачи і каменедробарки, а для тонкого – вальцьові верстати, молоткові дробарки і дезінтегратори. Найбільш широко використовують молоткові дробарки.

Молоткові дробарки мають молотки різної форми і розмірів. Найбільш прості молотки мають вигляд прямокутної пластини товщиною 1,5...12 мм з двома отворами по краях пластини. Тому що молотки швидко зношуються, така форма молотків дозволяє використовувати їх 4 рази, повертаючи на 180° у двох площинах. Використовують більш масивні П-подібні молотки для тонкого здрібнювання. Для грубого здрібнювання встановлюють молотки трикутної форми з шістьма робочими гранями. В дробарках використовують сита товщиною 1,5...3 мм. Більш тонкі сита зношуються дуже швидко. Основні типи сит – із круглими або лускатими отворами.

Ступінь здрібнювання продукту залежить від розмірів отворів сита. Чим більше розмір отворів, тим крупніше здрібнений продукт.

Тому що ротор молоткової дробарки має більшу масу і високу швидкість обертання, йому необхідне статичне і динамічне балансування. Молотки заміняють, при цьому їх підбирають,

зважаючи. Різницю маси молотків у зборі з віссю і гайками для кріплення молотків, установлюваних на діаметрально протилежних сторонах ротора, не повинна перевищувати 5 г. Ротор дробарки має повертатися від руки вільно.

Переваги молоткових дробарок – в їх універсальності – з їхньою допомогою можна подрібнювати практично всі види сировини, що надходить у переробку. Молоткові дробарки мають відносно невеликі габарити, високу продуктивність. Недолік молоткової дробарки в нерівномірній дисперсності здрібненого продукту. Поряд з недостатньо здрібненими частками з'являються і передрібнені, тобто дуже тонкі. Одержання тонких часток супроводжується значною витратою електроенергії. В той же час намагання позбутися від таких частинок призводить до появи значної кількості неподрібнених частинок, особливо зерна. Тому часто застосовують двохетапне здрібнювання, що полягає в повторному здрібнюванні недоздрібнених частинок, які виділяють при просіванні продуктів первинного здрібнювання. Крупна фракція може бути повернута в цю ж дробарку або здрібнена в окремій дробарці. Для повторного здрібнювання іноді застосовують вальцьові верстати.

Для тонкого здрібнювання застосовують також дезінтегратори, в яких здрібнювання відбувається між двома дисками з пальцями. Підвищення зносостійкості і міцності молотків і сит досягається не тільки вибором відповідної сталі, але й використанням звичайної конструкційної сталі з зміцненою поверхнею. Застосування реверсивного ротора без будь-якої перебудови вдвічі підвищить ресурс дробарки. При зношуванні сита, а також при зміні ступеня здрібнювання доводиться замінити сито. Конструкція дробарок повинна передбачати можливість швидкої зміни сит, у тому числі без зупинки ротора. Останнім часом розроблені конструкції безситових дробарок.

**5. Дозування компонентів комбікормів.** Дозування – це операція, що забезпечує подачу в суміш встановленої за рецептурою кількості компонентів. Дозування особливо широко застосовують при виробництві комбікормів і інших продуктів комбікормового виробництва, складанні помольних партій і сортів борошна на борошномельних заводах, кормових сумішей на круп'яних заводах і т. п. Незадовільне дозування може зменшити поживну цінність комбікорму, привести до перевитрат дорогих компонентів і т. д.

Дозують сипучі продукти – зерно, борошно, висівки та ін., а також і деякі рідкі компоненти – мелясу, жир і ін.

Дозування може бути безперервним і періодичним. При безперервному дозуванні всі компоненти подають одночасно безперервними потоками в співвідношеннях, передбачених рецептами, у змішувач, де їх також безупинно змішують. При періодичному дозуванні відміряють порцію кожного компонента, потім складають із цих порцій суміш певної маси, яку потім перемішують.

Компоненти дозують за об'ємом або масою продукту за допомогою об'ємних або вагових дозаторів.

Об'ємні дозатори найчастіше є дозаторами безперервної дії, вагові – періодичного дії. Проте у ряді випадків застосовують об'ємні дозатори періодичної дії, наприклад, у деяких апаратах для фасування борошна і крупи у дрібну тару. На комбикормових заводах починають використовувати вагові дозатори безперервної дії. Для рідких компонентів застосовують в основному дозатори безперервної і періодичної дії.

Для кожного дозатора характерна певна точність дозування. Найменшу точність дозування мають об'ємні дозатори для сипучих продуктів. Це пояснюється фізико-хімічними властивостями сировини (вологістю, крупністю і т. п.), що позначаються на сипкості і об'ємній масі. Тому в одному і тому ж самому об'ємі дозатора може втримуватися різна за масою кількість сировини. Точність об'ємного дозування залежить від кількості дозованого продукту. Необхідна точність дозування встановлена спеціальними коефіцієнтами. Так, при кількості дозованого продукту менш 1 % коефіцієнт дорівнює 0,3, від 1 до 10 % – відповідно 0,2 і більше 10 % – 0,1. Допустиме відхилення в кількості дозованого продукту визначають, як добуток цієї кількості на відповідний коефіцієнт. Наприклад, кількість дозованого компонента становить 20 %. Тоді точність дозування складе  $20 \times 0,1 = \pm 2\%$ . Отже, фактична подача компонента може бути 18...22 %. При дозуванні мікродобавок точність дозування повинна бути вищою, коефіцієнт встановлений у розмірі 0,03, тобто  $\pm 0,3\%$  від кількості дозованих мікродобавок.

Вагові дозатори мають більш високу точність дозування, але абсолютне відхилення маси дозованого продукту від номіналу залежить від кількості цього продукту.

*Об'ємне дозування.* Об'ємні дозатори безперервної дії мають ряд

переваг: високу продуктивність, малі габарити, простоту конструкції, широкий діапазон дозування, можливість працювати в батареї (ряд дозаторів приводиться від одного приводу) і т. д. На жаль, ці переваги втрачаються за рахунок відносно невисокої точності дозування, необхідністю часто перевіряти їх продуктивність (подачу продуктів).

До об'ємних дозаторів для сипучих матеріалів відносить в основному чотири типи: барабанні, шнекові, тарілчасті, вібраційні (вібромолоткові).

Робочий орган барабанного дозатора – барабан з камерами. Із самопливної труби, встановленої над дозатором, у камери насипається продукт, при повороті барабана на кут  $180^\circ$  продукт із камер висипається у випускную самопливну трубу. Подачу продукту регулюють, змінюючи швидкість обертання барабана, іноді обсяг камер.

Шнековий дозатор представляє собою порівняно короткий шнек, продуктивність якого регулюють також зміною числа оборотів в одиницю часу.

Робочим органом тарілчастого дозатора є диск (тарілка), що крутиться на вертикальному валу. Над ним на деякій віддалі по осі вала встановлений патрубок, з якого на диск висипається продукт. З диска потрібна кількість продукту скидається спеціальним шкребком у вивідну самотічну трубу. Регулювати подачу продукту можна, змінюючи положення шкребка, віддаль між диском і нижньою крайкою патрубку і швидкість обертання диска.

Вібраційні дозатори представляють собою вібралоток, по якому з бункера подається продукт. При зміні частоти або амплітуди коливань лотка змінюється швидкість руху продукту по ньому і, відповідно, кількість продукту.

**6. Змішування компонентів комбікормів.** Змішування – механічний процес, що забезпечує рівномірний розподіл всіх компонентів по всьому об'ємі суміші. У результаті змішування одержують однорідну суміш компонентів. У зернопереробній промисловості перемішують порошкоподібні компоненти, наприклад: різні за якістю, але близькі за розмірами частинки борошна, зерно, сипучі й рідкі продукти.

На ефективність змішування впливають фізико-механічні властивості компонентів. Чим ближче за цими ознаками властивості частинки, тим швидше відбувається їхнє змішування. Частинки

компонентів, що мають різні розміри, різну щільність і т.д., змішуються довше за інших рівних умов. Довше відбувається змішування, якщо які-небудь компоненти перебувають у суміші в малих кількостях.

На ефективність змішування впливає величезна кількість факторів, що враховуються, тому змішування варто розглядати як ймовірнісний процес. При цьому ймовірність розподілу кожного компонента розглядається приблизно як рівна. Тому, оцінивши розподіл якогось одного компонента в суміші, можна умовно вважати, що й інші компоненти розподілені з неменшою ймовірністю. Таке припущення обґрунтоване у випадку, коли оцінюваний компонент вводиться в невеликих кількостях, а його фізико-механічні властивості відрізняються від властивостей більшості основних компонентів. Суміш складається всього із двох компонентів, обумовленого, що називається ключовим, і всіх інших.

Змішування, як і дозування, може бути безперервним і періодичним. При безперервному змішуванні компоненти постійно подаються в змішувач і також постійно із змішувача видається готова суміш. При періодичному змішуванні в змішувач надходять заздалегідь виміряні порції компонентів, що змішуються протягом необхідного часу, потім видається порція суміші.

Звичайно безперервне змішування використовується при безперервному дозуванні, а періодичне – при періодичному дозуванні.

Процес змішування включає ряд елементарних процесів, механізм яких різний: конвективне змішування – переміщення груп суміжних часток з одного місця суміші в інше за допомогою ковзання шарів; дифузійне змішування, при якому частинки перерозподіляються через знову утворені границі розділу, а вірогідність їхнього переміщення в різні боки практично однакова.

Поряд із процесами, що приводять до рівномірного розподілення компонентів, особливо на заключній стадії змішування, існує сегрегація (розшарування) частинок, що відрізняються фізико-механічними властивостями.

У змішувачах періодичної дії зниження коефіцієнта варіації відбувається в часі, у змішувачах безперервної дії – у просторі, тобто за довжиною змішувача, від прийому продукту до його виходу. Змішування втрачає зміст, коли процеси розподілу частинок і їхня сегрегація врівноважуються. Цим визначаються тривалість

змішування в змішувачах періодичного або довжина змішувачів безперервної дії.

**7. Пресування комбікормів.** Під пресуванням розуміють обробку різних продуктів тиском за допомогою спеціальних механічних пристроїв – пресів. У зернопереробній промисловості найбільше широко поширене пресування комбікормів; крім того, пресують висівки, кормові суміші (на круп'яних заводах), що складаються з лузги, дунстів і інших продуктів.

В процесі пресування сипучі суміші ущільнюються, збільшується об'ємна маса, що підвищує місткість складів і транспортних засобів. При пресуванні продукту можна додати йому необхідну форму. У зернопереробній промисловості сипучі продукти піддають пресуванню сухим способом, тобто пресують продукти з вологістю 16...18 %, попередньо прогріваючи і зволоживши їх, наприклад, парою, додаючи невелику (1...2%) кількість рідини для зв'язку. Крім того, існує так зване вологе пресування, що полягає в додаванні значної кількості вологи в сипучі продукти, при якому утвориться тісто вологістю 28...32 %; це тісто потім формується в частки потрібної форми і розмірів. Останні висушуються до нормальної вологості. Сипучі продукти перед пресуванням складаються із двох (твердої і газоподібної) або трьох (твердої, рідкої, газоподібної) фаз. При впливу зовнішніх сил сипучий продукт ущільнюється в результаті відносного зсуву складових його часток, витиснення газоподібної фази, більше рівномірного розподілу рідкої, а також у результаті деформування твердих часток.

Процес пресування відбувається у кілька стадій. На *першій* стадії частинки зближаються, підганяються друг до друга, переміщуються з області більш високих тисків в область більш низьких. На цій стадії частки деформуються незначно, ущільнення продукту відбувається при порівняно невисоких параметрах тиску.

На *другій* стадії процесу пружно-пластичні деформації супроводжуються руйнуванням деяких часток, що приводить до їх більш щільного укладання. Закінчується процес витиснення газоподібної фази, рівномірно розподіляється рідка фаза. На цій стадії вже досить значне збільшення тиску не викликає істотного ущільнення продукту.

На *третьій* стадії переважають пружні деформації твердих частинок, газоподібна фаза вже не витісняється з матеріалу, а



защемляється всередині нього. У результаті зближення частинок виникають сили зчеплення, які є причиною утворення досить міцних брикетів або гранул.

Зчеплення частинок пояснюється різними причинами, існує ряд гіпотез, що пояснюють цей процес. Одна найбільш розповсюджена гіпотеза пояснює зчеплення окремих частинок у результаті прояву сил міжмолекулярної взаємодії. Ці сили виникають лише при дуже тісному зближенні частинок між собою. Природно, що найбільші сили зчеплення проявляються при більшому числі контактів між частинками, які можуть бути при більшій дисперсності продуктів.

Інша – капілярна теорія пояснює зчеплення частинок силами поверхневого натягу рідини, що перебуває в капілярних каналах між твердими частинками. Капілярні сили можуть виявитися лише при достатній кількості рідин. Напруги, які виникають при додатку зовнішнього навантаження, можуть поступово знижуватися, запасена в продукт енергія пружних деформацій поступово розсмоктується, тобто відбувається релаксація напруг.

Релаксація напруг – процес дуже тривалий, час його істотно перевищує тривалість знаходження продукту під навантаженням. Тому лише частина деформацій піддається релаксації. Пружні деформації, що залишилися, є причиною пружного розширення пресованого продукту, яке відбувається після зняття навантаження.

Підвищення тиску приводить до ущільнення продукту і підвищення міцності брикетів, тривале витримування продукту під тиском викликає зростання релаксації продукту, знижує величину пружного розширення брикету.

Однак підвищення тиску істотно не збільшує витрат електроенергії на пресування а зростання тривалості витримування під тиском веде до збільшення розмірів робочих органів або зниження продуктивності пресів. Тому для підвищення ефективності процесу пресування звертають увагу на інші фактори, наприклад, температуру робочих органів преса і продуктів. Підвищення температури визначає стан вологи і міцність зв'язку з продуктом. Зниження величини поверхневого натягу рідини сприяє покращенню її міграції, більш тісному зближенню частинок. Підвищення температури також змінює властивості твердої фази, пластифікує продукт, викликає зміни його фізико-хімічних властивостей.

## ВИРОБНИЦТВО КОМБІКОРМОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

1. **Виробництво комбікормів.**
2. **Виробництво преміксів.**
3. **Виробництво білково-вітамінних добавок.**
4. **Виробництво заміників незбираного молока**

**1. Виробництво комбікормів.** Велика кількість продуктів, що переробляється, їхні різноманітні властивості, прагнення організувати безперервно-потокове виробництво комбікормів – все це вимагає оснащення технологічної схеми значним числом технологічних ліній.

Під *технологічною лінією* розуміють послідовність машин і апаратів, призначених для виконання якої-небудь операції. Число підготовчих ліній залежить від продуктивності комбікормового заводу, асортиментів вироблюваної продукції. Загальне число технологічних ліній може досягати 16...20, однак обов'язкових ліній зазвичай буває 7...10. Частина ліній може бути використана для підготовки різних продуктів із близькими властивостями. Наприклад, можуть бути сполучені лінії підготовки борошністої сировини, шротів, розсипного трав'яного борошна. Для підготовки солі і крейди можна використовувати одну лінію, для гранульованих компонентів – зернову лінію й т. д. На комбікормовому заводі можуть бути виділені такі лінії:

- 1 Зернової сировини.
- 2 Борошністої сировини.
- 3 Відокремлення плівок від зерна вівса і ячменю.
- 4 Розсипного трав'яного борошна.
- 5 Кормових продуктів харчових виробництв.
- 6 Шротів.
- 7 Пресованої і грудкуватої сировини.
- 8 Підготовки солі.
- 9 Сировини мінерального походження.
- 10 Уведення рідких видів сировини (меляси і жиру).
- 11 Приготування і введення збагачувальних сумішей (преміксів).
- 12 Обробки затареної сировини.
- 13 Попередніх сумішей важкосипучих компонентів.

14 Попереднього дозування – змішування зернової, гранульованої сировини.

15 Теплової обробки зернової сировини.

16 Дозування – змішування.

17 Гранулювання.

**Лінія зернової сировини.** Призначена для очищення і здрібнювання кукурудзи, пшениці, ячменя, вівса і т. д. Тому лінія включає зерноочисні і подрібнювальні машини. Для очищення зерна від домішок застосовують повітряно-ситові і магнітні сепаратори.

При виробництві комбікормів обов'язковому виділенню підлягають великі домішки, пісок, металомагнітні домішки.

Відповідно до цього встановлюють сита в повітряно-ситових сепараторах:

- приймальні сита мають отвори  $\text{Ø}$  20 мм або дротяні сітки з отворами  $18 \times 18$  мм;
- сортувальні сита мають отвору  $\text{Ø}$  10...16 мм або дротяні сітки розміром від  $8 \times 8$  до  $14 \times 14$  мм;
- підсівні сита маю отвору  $\text{Ø}$  1...1,4 мм, довгасті – отвори  $1 \times 12$  або  $1,2 \times 12$  мм, а також дротяні сітки з розміром отворів  $0,85 \times 0,85$  –  $1 \times 1$  мм.

Нижні межі розмірів отворів сит призначені для дрібного зерна – проса, сорго, рапсу. В очищеному зерні не повинно бути великих домішок (залишок на ситі  $\text{Ø}$  10...16 мм); вміст мінеральних домішок не допускається більше 0,25 %; допускаються лише сліди металомагнітних домішок. Здрібнювання зерна ведуть у молоткових дробарках, вальцьових верстатах. Останнє не доцільно застосовувати для здрібнювання проса, рапсу, сорго.

Зерно подрібнюють до крупності, що обумовлена вимогами нормативно-технічної документації на вироблювані комбікорми. Необхідний ступінь здрібнювання сировини одержують, підбираючи сита в дробарках.

На комбікормових заводах застосовують різні схеми здрібнювання зерен. На заводах великої продуктивності може бути виділено декілька зернових ліній, які працюють паралельно, на кожній лінії підготовляють зерно якої-небудь окремої культури. На заводах невеликої продуктивності переробку різних культур ведуть послідовно. Для здійснення цього над дробарками встановлюють бункера місткістю, розрахованої на 2...4 год. роботи дробарок.

Крім того, застосовують схеми здрібнювання зерна з наступним просіванням здрібнених продуктів і поверненням крупної фракції на повторне здрібнювання. *Схема з паралельним або послідовним здрібнюванням* різних видів зерна зручна тим, що здрібнювання окремо кожної партії можна вести в оптимальному режимі. Недолік такої схеми полягає в частій зміні сит у дробарках або машинах, що просівають, для вироблення продукту потрібної крупності.

*Друга схема* здрібнювання передбачає попереднє формування суміші із зерна різних культур за допомогою багатоконпонентних вагових дозаторів і змішувачів з наступним здрібнюванням суміші. Ця схема дозволяє зменшити число просівань і збільшити їхню продуктивність, а застосування проміжного просівання дає можливість одержати здрібнений продукт потрібної крупності, не міняючи сит у дробарках.

Зерно проса, сорго і рапсу відрізняється малими розмірами, тому при здрібнюванні в суміші з іншим зерном значна кількість не подрібнених зерен цих культур буде проходити через отвори сит дробарок. Так як вміст цілого зерна в комбікормі обмежено, необхідно подрібнювати зерно проса, сорго і рапсу роздільно. Для цього застосовують окремі дробарки або вальцьові верстати.

*Третя схема* передбачає здрібнювання порції зернової суміші, сформованої в багатоконпонентних вагових дозаторах. Здрібнювання з наступним просіванням і поверненням крупної фракції в ці ж дробарки по замкнутому циклі до її повного розмелу, після чого продукти розмелу змішують у змішувачах періодичної дії. Перевагою такої схеми є відсутність подвійного дозування – змішування компонентів. Підготовлена порція суміші може безпосередньо подаватися в головний змішувач на лінії дозування і змішування

Така схема дозволяє працювати без над дробильної ємності, оперативно переходити з рецепта на рецепт, випускати незначні партії комбікормів незалежно від виду і віку тварин.

***Лінія борошнистої сировини.*** Вона служить для очистки висівка, мучки від обривків мотузок, пакувальних матеріалів і ін., а також для відділення металоманітних домішок. крупні домішки виділяють у ситових сепараторах, у яких є 1...3 сита. Сито робить зворотно-поступальний рух із частотою близько 700 колів. /хв і амплітудою 6 мм.

Для запобігання попадання основного продукту в схід, остання

ситова рама нахилена в протилежному напрямі. Штамповані сита мають отвори  $\text{Ø}$  10 мм, дротяна сітка – сторону отвору розміром 8 мм. Металомагнітні домішки виділяють в електромагнітних сепараторах або сепараторах зі статичними магнітами.

**Лінія відділення плівок від вівса і ячменя.** У деяких рецептів комбікормів, зокрема молодняку птахів, хутрових звірів, поросят, вводять лущені зерна вівса і ячменю.

Плівки із зерна відокремлюють двома способами: здрібнюванням зерна з наступним відсіванням плівок, лущенням зерна в лущильних машинах. Перед відділенням плівок овес і ячмінь очищають від домішок і відокремлюють дрібне зерно проходом сит з отворами розміром  $2,2 \times 20$  мм. На лінію відділення плівок направляють крупну фракцію, тому що таке зерно краще лущиться, дрібне залишається не лущеним.

**Лінія розсипного трав'яного борошна.** Трав'яне борошно зазвичай надходить у тарі – тканинних або паперових мішках. Тому лінія трав'яного розсипного борошна призначена для розтарювання, очищення від домішок і подачі сировини в наддозаторні бункери. Розтарювання роблять у шафах-пиловловлювачах або мішкорастарочних машинах. Трав'яне борошно від випадкових домішок очищають у просіваючих машинах, у яких встановлюють сита з отворами  $\text{Ø}$  10 мм або металеву сітку з комірками розміром 8 x 8 мм. Металомагнітні домішки виділяють у електромагнітних сепараторах або магнітних колонках. У зв'язку з тим що трав'яне борошно відноситься до продуктів, що сильно порошать, бажано застосовувати для його транспортування поглинаючі пневматичні установки.

**Лінія кормових продуктів харчових виробництв.** Призначена для обробки різних продуктів тваринного походження м'ясо-кісткового, м'ясного, кров'яного рибного борошна, кормових дріжджів і інших продуктів. Такі продукти мають високу гігроскопічність, злежуються, утворюють грудки, які при очищенні можуть потрапити у відходи. Крім того, у багатьох продуктах є підвищений вміст жиру, що погіршує їхню сипкість. Кормові продукти найчастіше надходять у тарі – мішках, контейнерах (резинокордових). У машинах, що просівають, встановлюють два сита, із яким верхнє призначене для відділення випадкових домішок, нижнє відокремлює крупні частки скомкованих продуктів. Прохід сит направляють у наддозаторні бункери, схід здрібнюють на молоткових

дробарках. Після здрібнювання схід приєднують до проходу нижнього сита. Верхнє сито має отвори розміром 15 x 20 мм, нижнє залежно від крупності продукту – 2...6 мм. Металомагнітні домішки виділяють у магнітних сепараторах.

**Лінія шротів.** Призначена для очищення від домішок і здрібнювання шротів Лінія має приблизно таку ж схему, як і лінія кормових продуктів харчових виробництв. Верхнє сито служить для відділення великих домішок, нижнє – для поділу дрібного і крупного шроту. Крупний шрот подрібнюють у молоткових дробарках. Сита в просіваючих машинах приблизно такі ж, як і на лінії кормових продуктів.

Технологічні схеми допускають обробку шротів на лінії зернової сировини.

**Лінія пресованої і кускової сировини.** Багато сировини надходить на комбікормові заводи у вигляді гранул, брикетів, кусків (кукурудза в качанах). Продукти подрібнюють у два етапи: спочатку в спеціальних машинах – каменедробарках, жмихоломачах і ін. Кускові продукти подрібнюють до крупності, що характеризується розмірами часток 20...30 мм, а вже потім до необхідної крупності – у молотковій дробарці. Другий етап: продукти розмілу просівають у просіваючих машинах, повертаючи схід сит дробарок на повторне здрібнювання у молоткові дробарки.

**Лінія підготовки солі.** Сіль у комбікорми вводять у невеликій кількості, тому для її рівномірного розподілу потрібне тонке здрібнювання сировини. Так як сіль дуже гігроскопічна, а при вологості понад 0,5 % стає сирію, погано сипучою, при подрібненні замазує отвори сит дробарок, налипає на стінки і робочі органи машин і т. д., лінія підготовки солі повинна включати сушарку, дробарку.

Сіль сушать у барабанних або шнекових сушарках. Після сушіння і контролю в магнітних сепараторах сіль подрібнюють у молоткових дробарках, у яких застосовують сита з отворами розміром 3 мм. Продукти розмілу просівають на ситі з розміром комірок 1 мм.

Одним із способів введення солі у комбікорм є додавання її насиченого розчину у воді.

**Лінія сировини мінерального походження.** Призначена для підготовки крейди, вапняку, ракушки і ін. Як і лінія підготовки солі, вона має у своєму складі сушарку, тому що

переробка сировини мінерального походження вологістю понад 10 % викликає значні труднощі.

Якщо у переробку надходить вапняк, що містить великі шматки, їх спочатку подрібнюють у каменедробарках до шматків розміром не більше 10 мм. Попередньо розмелений вапняк, крейду подрібнюють у молоткових дробарках до крупності, що характеризується проходом сит з отворами  $\varnothing$  2 мм або дротяна сітки з отворами розміром  $1,6 \times 1,6$  мм. Схід із сит повторно подрібнюють у тих же дробарках.

**Лінія введення рідких компонентів.** До складу комбікормів вводять ряд рідких компонентів – мелясу, жир, фосфатидний концентрат і ін. Деякі компоненти стають рідкими лише при температурі  $50...70^{\circ}$  С. Тому лінія рідких компонентів повинна мати підігрівальні пристрої, а магістралі – гарну теплоізоляцію. Рідкі компоненти надходять на комбікормові заводи у залізничних і автомобільних цистернах (меляса), бочках, флягах (жири фосфатидний концентрат) і ін.

**Лінія введення меляси у комбікорм.** Мелясу в комбікорми вводять на різних етапах їхнього виробництва. Її можна ввести в основний змішувач, у змішувач прес-гранулятора, при відпустці споживачеві. При введенні в основний змішувач або прес-гранулятор мелясу підігривають. При введенні меляси в процесі відпускання комбікорму меляса може бути і у холодному стані. На комбікормових заводах меляса зберігається у великих резервуарах місткістю до  $1000 \text{ м}^3$ , з пристроями для місцевого обігріву у вигляді змішувачів з гарячою водою або електропідігріванням (меляса – сезонний продукт). Типові установки Б6-ДАБ або Б6-ДАК мають накопичувальні баки із обігрівом, звідки мелясу перекачують у бак-нагрівач і з нього – насосною установкою із двома фільтрами, що представляють собою бачки із сітками з отворами розміром  $0,8 \times 0,8$  або  $1 \times 1$  мм. Витрата меляси може бути врахована за допомогою індукційного витратоміра.

Мелясу дозують за допомогою насосів-дозаторів. Для вагового дозування можна застосувати мірні бачки, у яких мелясу зважують або відмірюють. Перекачують мелясу плунжерними, відцентровими, шестерними і іншими насосами. Меляса має найменшу в'язкість при температурі близько  $50^{\circ}$  С, при вищій температурі починається процес карамелізації цукру, з'являються частки твердої фази, які забивають фільтри, трубопроводи і т. д.

Установки для введення меляси дозволяють також вводити карбамід у вигляді розчину у воді. Тому що карбамід погано розчиняється у мелясі, але добре у воді, нею спочатку розчиняють у теплій воді в співвідношенні 1:1, а потім розчин карбаміду змішують із мелясою.

**Лінія введення жиру.** Жири мають високу енергетичну цінність, їхнє введення в комбікорми для тварин і особливо птиці істотно підвищує цінність готовою продукту. Найчастіше використовують тваринні жири, температура плавлення яких перевищує 30° С Крім того, вводять фосфатидні концентрати, рослинні жири і ін. Лінія уведення жиру має пристрій для витопки з бочок, що представляють собою вертикальний або похилий змійовик, який обігривається парою. За допомогою електроталі із захватом бочка відкритим днищем опускається на змійовик, жир витоплюється. З видаткового бака жир, пройшовши через фільтри-пастки із сітками, отвори яких мають розмір 1,6 × 1,6...0,8 × 0,8 мм, насосами-дозаторами направляємося у змішувач або прес-гранулятор.

Якщо жир вводиться в розсипні комбікорми безпосередньо в головному змішувачі, то його кількість не перевищує 2 %, тому що введення більшої кількості жиру різко знижує сипкість комбікорму, приводить до його злежування, а також до залипання змішувача.

При виробництві гранульованих комбікормів введення безпосередньо в розсипний комбікорм жиру в кількості більше 2...3 % небажаний, тому що знижується міцність гранул, збільшується вміст крихти. У зв'язку з тим, що при виробництві комбікормів для бройлерів (м'ясної відгодівлі птахів) необхідно вводити не менш 6 % жиру, у практиці застосовують спосіб нанесення частини жиру на готові гранули. У цьому випадку сумарний вміст жиру в комбікормі буде відповідати зоотехнічним вимогам.

Описана лінія досить складна, вимагає частого промивання, її несправність приводить до погіршення санітарних умов на підприємстві.

Тому роблять спеціальні жирові концентрати, які являють собою насичений жиром пористий продукт або капсули, всередині яких є жир. Капсули являють собою жирові шарики, укладені в білкові оболонки. Як пористий продукт використовують чи взорвану кукурудзу, або екструдироване зерно.

Пористий продукт насичується жиром, причому такий продукт може поглинути жир у кількості, рівній його масі.



Приблизно стільки ж жиру втримується і у капсулах. Є й інші носії жиру. Жирові порошки вводять у комбікорми в такий же спосіб, як і звичайні сипучі компоненти.

**Лінія підготовки збагачувальних сумішей.** Для збагачення комбікормів мікродобавками (вітамінами, солями мікроелементів і т. д.) використовують або готові премікси, які роблять на спеціалізованих підприємствах, або на місці виготовляються збагачувальні суміші. Тому що збагачувальну суміш вводять до складу комбікорму у кількості, що не перевищує 1 % (0,1...1,0 %), необхідні тонке здрібнювання компонентів, їхнє ретельне перемішування.

Збагачувальна суміш (як і премікси) складається з наповнювача і біологічно активних речовин. Як наповнювач використовують висівки, розмелене зерно, шрот і ін. Підготовка наповнювача включає його здрібнювання і просівання.

Спочатку наповнювач просівають на порівняно рідкому ситі, схід з нього подрібнюють у молотковій дробарці. Для кращого розподілу мікродобавок застосовують багатоступінчасте їхнє змішування, причому кожену групу добавок перемішують разом з деякою кількістю наповнювача.

У першому змішувачі змішують солі мікроелементів (в основному сірчаноокислі і хлористі) з наповнювачем; у другому – вітаміни, що додаються в незначних дозах, йодистий калій, вуглекислі солі. Ферменти, амінокислоти, вітамін В<sub>2</sub> являють собою кормові препарати, і їх вводять у відносно невеликій кількості. Тому їх відразу подають на заключне змішування. Для кращого змішування, руйнування грудок гігроскопічних сірчаноокислих і хлористих солей, а також додаткового їхнього здрібнювання продукти розмелюють удруге і просівають на ситі з отворами розміром 1,2 мм. Остаточне змішування всіх компонента і наповнювача роблять в останньому змішувачі.

Підготовка збагачувальної суміші проводиться циклічно, тобто за один цикл готується певна кількість суміші, що відповідає місткості останнього змішувача. Біологічна цінність і технологічні властивості збагачувальної суміші поступаються відповідним показникам преміксів, вироблених у спеціалізованих цехах, тому на більшості заводів одержують готові премікси.

**Лінія обробки запакованої сировини.** Багато видів сировини (сухе молоко, кісткове борошно, кормові

амінокислоти, кормові дріжджі і ін.) надходять на комбікормові заводи в запакованому виді, найчастіше у паперових мішках Ці продукти, як правило, не вимагають здрібнювання, тому основними операціями на лінії є розпакування сировини, очищення від крупних і металевих домішок. Розпакування роблять у спеціальних розпакувальних машинах або шафах-пиловловлювачах. Звільнений продукт просівають у машинах на ситах з отворами  $\varnothing$  10 мм або дротяних сітках з комітками розміром 8 x 8 мм. Просіяний продукт контролюють у магнітних сепараторах.

**Лінія попередніх сумішей важкосипучих компонентів.** На ряді підприємств для поліпшення технологічних властивостей важкосипучих видів білкової і мінеральної сировини, підвищення точності його дозування застосовують попереднє дозування – змішування цих компонентів. Усі компоненти тваринного і мінерального походження, дріжджі, трав'яне борошно, шроти, премікси готують на лініях, аналогічних лінії борошністої сировини, запакованих продуктів, кормових продуктів харчових виробництв і т. д. Після підготовки, дозування – змішування компонентів отриману суміш надалі використовують як один компонент.

**Лінія попереднього дозування – змішування зернової, гранульованої сировини.** Принцип побудови цієї лінії аналогічний описаному вище з тією різницею, що попереднє дозування – змішування роблять для компонентів, що вимагають здрібнювання. Підготовка компонентів ведеться на лініях, призначених для підготовки зерна, гранульованих продуктів і т. д. Після очищення компонентів від домішок їх дозують у потрібному співвідношенні у вагових дозаторах. Для цього найчастіше застосовують горизонтальні тензометричні вагові дозатори АД-3000-ГК, які можуть бути встановлені під силосами у складі сировини.

Компоненти змішують і подрібнюють в один або два етапи. При одноетапному здрібнюванні в молоткових дробарках встановлюють сита, що забезпечують необхідну крупність комбікорму. При двоетапному здрібнюванні суміші в дробарках застосовують сита з отворами  $\varnothing$  6...8 мм, продукти здрібнювання просівають у машинах, сита яких забезпечують задану крупність здрібнювання. Схід із сит повертають у цю же або в окрему дробарку для повторного подрібнення. Отриману суміш потім використовують

як один компонент на головній лінії дозування – змішування

**Лінія теплової обробки зерна.** В результаті теплової обробки зерна поліпшуються смакові властивості, підвищується поживна цінність, відбувається знезаражування сировини. Для теплової обробки використовують апарати вітчизняного або закордонного виробництва. Лінія обробки зерна включає апарати для пропарювання зерна, його екструдирования і експандирования. Після обробки зерно подрібнюють і направляють у наддозаторні бункери.

**Лінія дозування і змішування компонентів.** Компоненти дозують в об'ємному і ваговому дозаторах безперервної та періодичної дії. Об'ємне дозування проводиться безупинно, причому одночасно у всіх дозаторах. Кожний дозатор налаштовують на потрібну потужність. Усі компоненти постійно надходять у шнек або скребковий конвеєр, з якого суміш направляють у змішувач. Кожний дозатор закріплений за певним компонентом. Якщо кількість якогось-небудь компонента велике, для нього може бути встановлено два і більше дозаторів. Бажано встановлювати дозатори для дозування солі і крейди наприкінці лінії перед змішувачем.

При експлуатації дозаторів необхідно у кожному бункері мати запас сировини. Над дозаторами для трудносіпучих компонентів влаштовують пристрої для безперебійного випуску компонентів з бункерів. Перевіряють точність дозування, відбираючи продукт протягом 15...60 с у спеціальну тару і зважуючи його.

Для вагового дозування застосовують однокомпонентні і багатокомпонентні дозатори. Для більшої точності дозування батарея однокомпонентних дозаторів складається з апаратів різної місткості – більшої для тих компонентів, які входять до складу комбікорму в більших кількостях, меншої для компонентів, що вводяться в менших кількостях.

Всі дозатори заповнюються продуктом паралельно, цикл дозування закінчується після набору дози останнім дозатором. По заданій програмі всі дозатори спорожняються одночасно, так само починається в них подача продукту. Такі дозатори мають значно вищу точність у порівнянні з об'ємними дозаторами, але мають і істотні недоліки: займають багато місця, після дозаторів необхідні конвеєри великої довжини, тому що самопливом з батареї дозаторів у змішувач продукти звичайно подати

неможливо. При переході з одного рецепта на інший необхідне переналагодження всіх або більшої частини дозаторів. Тому що дозатори періодичної дії, то і змішувачі після них, повинні бути також змішувачами періодичної дії. Цикл дозування в таких дозаторах становить близько 1 хв., тоді як цикл змішування – 5...6 хв. Тому для підвищення продуктивності вузла дозування – змішування встановлюють два змішувачі, які працюють по черзі. Найпоширенішим способом є дозування за допомогою багатокомпонентних вагових дозаторів. Такі дозатори більше компактні, досить точні, у них порівняно просто можна переходити на інший рецепт. Можна також застосовувати вагові багатокомпонентні дозатори із двома діапазонами дозування.

Подачу продуктів у дозатори здійснюють в основному шнековими або роторними живильниками. Найбільш прості і надійні роторні живильники, але для подачі компонентів з далеко розташованих бункерів вони непридатні. В цьому випадку застосовують шнекові живильники. Живильники працюють у двох режимах: основному і режимі досипання (при менших швидкостях обертання шнека або ротора).

Для підвищення точності дозування необхідно максимально скоротити довжину самопливних труб перед живильниками або застосувати відсічення продукту в цих трубах безпосередньо перед дозатором.

Після багатокомпонентних і однокомпонентних дозаторів встановлюють змішувачі періодичної дії. Цикл зважування у дозаторах складає біля 4 хв., цикл змішування – 5...6 хв. Тому після дозаторів встановлюють один змішувач, однак при меншому циклі дозування (4 хв.) можна використовувати два змішувачі, які можуть працювати паралельно або послідовно.

Поширені схеми двох-, трьохетапного дозування – змішування компонентів.

**Лінія гранулювання.** У результаті дозування – змішування одержують розсипні комбікорми, які не завжди зручні для годівлі птиці, риб. Комбікорм випускають і у вигляді гранул, розміри яких залежать від виду, віку тварин, способу їхньої годівлі. Для дорослої птиці (курей, індичок, уток, гусаків) випускають гранули  $\varnothing$  4,7...9 мм, великої рогатої худоби і коней –  $\varnothing$  4,7...19, дорослих овець –  $\varnothing$  4,7...12,7, риб –  $\varnothing$  4,7 мм і т. д.

Основну масу гранульованих комбікормів роблять сухим

способом На вітчизняних заводах застосовують установки для гранулювання типу ДГ, що включають прес-гранулятори і охолоджувач-подрібнювач. Крім того, у лінії гранулювання встановлюють машину, що просіває, для сортування гранул. Продуктивність і потужність приводу в різних грануляторів різна. Так, при потужності електродвигуна 75 кВт потужність преса ДГ-1 7...10 т/год., причому нижня межа відповідає потужності при виробництві гранул Ø 4,7 мм, верхній – при виробленні гранул Ø 19 мм. Пресс Б6-ДГВ (потужність електродвигуна 100 кВт) має продуктивність 8...11 т/год. при виробленні гранул тих же розмірів.

Перед пресуванням бажано просіяти комбікорм щоб уникнути попадання у прес твердих предметів, а також проконтролювати продукт у магнітних сепараторах. У змішувачі прес-гранулятора комбікорм пропарюють сухою парою, що подається під тиском до 0,5 Мпа. Витрата пари становить 60...80 кг на 1 т комбікорму. В змішувач можуть бути подані і рідкі в'язучі компоненти.

Отримані гранули потім охолоджують в охолоджувальній колонці, тому що в гарячому стані вони неміцні і легко руйнуються. Після охолодження гранули направляють або у подрібнювач або на контрольне просівання на ситах з отворами Ø 2...2,5 мм для відділення дріб'язку, що направляється на повторне гранулювання.

**2. Виробництво преміксів.** Премікси – суміш біологічно активних речовин з наповнювачем. Премікси виробляють на спеціалізованих заводах (цехах) і поставляють на комбікормові заводи. Їх уводять до складу комбікорму в кількості 0,5...1 %.

**Види і склад преміксів.** У спеціалізованих цехах виготовляють універсальні, або комплексні, премікси, спеціалізовані премікси, мінеральні, амінокислотні, вітамінні і т.д. Крім преміксів загального призначення (профілактичних) в окремих випадках виготовляють і лікувальні премікси. До складу преміксів вводять різні мікродобавки, що мають високу біологічну активність. До числа таких добавок відносять насамперед різні вітаміни, що представляють собою кормові або медичні препарати. При виробництві комбікормів використовують велику кількість вітамінів А – вітамін росту, D – регулюючий обмін кальцію, запобігає захворювання рахітом, вітаміни групи В – В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, В<sub>3</sub> і т. д.

У премікси додають також солі мікроелементів заліза, марганцю, цинку, кобальту, міді, йоду. Велике значення мають різні

антибіотики, вони не тільки запобігають захворюванням тварин але їхні кормові препарати містять також вітаміни і інші біологічно активні речовини.

До складу преміксів включають незамінні амінокислоти лізин, метіонін. Недостача амінокислот у білках знижує засвоюваність і біологічну цінність останніх. У преміксах застосовують також ферменти, що гідролізують високомолекулярні вуглеводи і білки, кормові, лікарські препарати і т. д. Кількість активних речовин, що вводяться біологічно, залежить від виду і віку тварин, активності цих речовин і т. д.

Премікс являє собою тонкодисперсну суміш біологічно активних речовин з наповнювачем. Отже, всі компоненти тонко подрібнюють і добре перемішують. Крім того, премікс повинен мати добру сипкість щоб його можна б точно дозувати.

Добра сипучість преміксів обумовлена відповідною підготовкою наповнювача. Як наповнювач використовують висівки, розмелене зерно і інші компоненти. Наповнювач повинен бути нейтральним, добре втримувати біологічно активні речовини, мати низьку вологість, мати малу здатність до пилоутворення.

Принципова схема виробництва універсальних преміксів включає ряд технологічних ліній:

- підготовки наповнювача,
- підготовки і введення солі і мікроелементів,
- підготовки і введення холін-хлориду,
- підготовки середніх компонентів,
- введення макрокомпонентів,
- підготовки йодистого калію,
- основного дозування – змішування.

**Лінія підготовки наповнювача.** У якості наповнювача найчастіше застосовують пшеничні висівки, які підготовляють на спеціальній лінії, що включає просівальну машину для відділення великих домішок, а також магнітні сепаратори. Висівки висушують у барабанних, вихрових або інших сушарках до вологості 7...10 %, причому якщо надалі в премікс вводять рідкі компоненти, то висівки сушать до нижньої межі вологості.

Висушені висівки подрібнюють у молотковій дробарці до крупності, що характеризується проходом сит з комірками розміром 1,2 x 1,2 мм. Для запобігання розпилення і кращого втримання мікродобавок у наповнювач вводять 3 % жиру в спеціальних

апаратах безперервної дії. Якщо як наповнювач використовують пшеницю, те її розмелюють у молотковій дробарці у два етапи – із проміжним просіванням до такої ж крупності, як крупність висівок. Іншу підготовку розмеленої пшениці проводять так само, як і висівок.

**Лінія підготовки солей мікроелементів.** Вона призначена для розпакування, сушіння змішування цих продуктів. Солі в сипучому стані направляють відразу в наддозаторні бункери, а гігроскопічні соли або висушують, або змішують із деякою кількістю висушеного наповнювача. Проміжною операцією служить здрібнювання солей мікроелементів.

**Лінія підготовки холіну-хлориду.** Холін-Хлорид – вітамін В<sub>4</sub> – рідкий 70 %-ний водяний розчин. Його вводять або безпосередньо в премікс, або попередньо змішують з наповнювачем.

**Лінія підготовки середніх компонентів.** Середніми ці компоненти називають тому, що їх вводять до складу преміксів у середніх кількостях. Це кормові антибіотики, вітаміни Е і В, і ін. Лінія включає подачу компонентів у наддозаторні бункери дозування – змішування після чого суміш направляють на основне дозування – змішування.

**Лінія введення макрокомпонентів.** Компоненти вводять у значних кількостях, вони не вимагають спеціальної підготовки. Лінія служить для введення ферментних препаратів деяких амінокислот, кормових дріжджів і ін. Ці компоненти подають безпосередньо в основні бункери над дозаторами.

**Лінія підготовки йодистого калію.** Служить для стабілізації солі, що руйнується легко.

**Лінія основного дозування – змішування.** Дозують і змішують всі окремі компоненти і раніше об'єднані групи компонентів.

Таким чином, особливістю схеми виробництва преміксів є багатостадійність дозування – змішування компонентів. Це дозволяє більш точно дозувати різні компоненти, що дуже важливо, тому що багато хто з них має високу активність і передозування їх небезпечно для здоров'я тварин.

Багатостадійне змішування приводить до більш рівномірного розподілу компонентів, особливо тих, які входять до складу преміксу у малих кількостях. Готові премікси пакують у паперові багатошарові мішки, які відвантажують споживачеві.

Спеціалізовані премікси виготовляють приблизно по такій же

технології, але схеми мають менше число технологічних ліній.

**3. Виробництво білково-вітамінних добавок.** У білково-вітамінних добавках сконцентровані продукти з високим змістом білка, мінеральних речовин і біологічно активних речовин. БВД призначені в основному для виробництва комбікормів у сільськогосподарській комбікормовій промисловості, а також на комбікормових заводах невеликої потужності. На цих підприємствах БВД додають до зернової, борошнистої й іншої місцевої сировини в кількості, рівному приблизно 20 %. Використання БВД звільняє підприємства від одержання, переробки великої кількості різних продуктів, заміняє, по суті, одним готовим продуктом, що відразу на головній лінії дозування дозується як один компонент. Крім того, відпадає необхідність у перевезеннях великої кількості зернової сировини на великі заводи і повернення комбікорму, що містить до 80 % зернової сировини, на ферми і т. д.

Використання БВД безпосередньо для годівлі тварин неприпустимо, тому що в них підвищений вміст ряду речовин, наприклад солі, що може викликати сольового отруєння, а також привести до перевитрати дефіцитного білка та інших продуктів. БВД повинні містити до 30...40 % кормового білка, до 7 % крейди, 4...5 % солі і т. д.

Наприклад, один з рецептів БВД містить, %

висівки пшеничні	24,5
крейда	6,5
макуха, шрот	45,0
сіль	4,0
дріжджі кормові	20,0

У даної БВД утримується близько 37 % білка, 6,5 % крейди, 4 % солі.

У БВД додають також премікси, що є джерелом біологічно активних речовин. Технологічний процес виробництва БВД принципово не відрізняється від процесу виробництва комбікормів. Однак у зв'язку з меншою розмаїтістю компонентів число підготовчих ліній менше, ніж при виробництві комбікормів. Побудова технологічних ліній приблизно така ж, як і для відповідного продукту при виробництві комбікормів.



БВД випускають у розсипному і гранульованому виді, причому залежно від виду БВД застосовують дещо різні режими пропарювання. При значному вмісті в БВД кормів тваринного походження тиск пари повинен бути 0,4...0,5 Мпа, якщо переважають корми рослинного походження, то, відповідно, 0,2... 0,3 Мпа. Гранулювання БВД ефективно, тому що такі БВД краще зберігаються і транспортуються. На підприємствах, де використовують БВД, необхідно перед введенням їх у комбікорм подрібнювати в молоткових дробарках.

**4. Виробництво заміників незбираного молока.** Один з видів комбікормової продукції є заміник незбираного молока (ЗЦМ), застосування якого для випаювання молодняку тварин істотно знижує витрата незбираного молока. ЗЦМ являє собою суміш сухого знежиреного молока, тваринних і рослинних жирів, вітамінів, антибіотиків, солей мікроелементів і інших добавок. У нього вводять також ароматичні добавки, антиоксиданти для запобігання псування жирів і т. д.

Наприклад, рецепт (%):

Сухе знежирене молоко	79
Суша молочна сироватка	6
Кукурудзяний крохмаль	2,45
Свинний жир	4
Суміш пальмового і кокосового масел	5
Мікроелементні премікси	0,5
Сухий премікс	1
Рідкий премікс	2
Какаовий аромат	0,025
Антиоксидант	0,025
Разом	100

Відповідно до номенклатури продуктів, які входять до складу ЗЦМ на підприємстві виділяють ряд підготовчих ліній.

**Лінія приймання жирів і готування їхньої суміші.** Тверді жири розтоплюють при температурі 55...60° С, змішують із рідкими рослинними жирами, додають до них емульгатори для одержання стійкі емульсії, а також антиоксиданти.

**Лінія готування суміші додаткових сухих компонентів.** На

цій лінії готують такі продукти, як суха молочна сироватка, сухий премікс, борошно, крохмаль і т. д. Всі продукти по черзі проходять очищення, що полягає в їхньому просіванні для відділення крупних домішок і подаються кожний у свій бункер над дозатором.

**Лінія готування рідких преміксів.** Премікси готують розчиненням у жирах жиророзчинних вітамінів. Потім його змішують із сумішшю вітамінів групи В, мікроелементів і т. д. с наповнювачем – сухою молочною сироваткою. Суміш перемішується протягом 12...15 хв. Отримані компоненти як окремі так і їхню суміш дозують у багатокомпонентних вагових дозаторах і змішують протягом 6...7 хв. у змішувачах періодичної дії. Щоб одержати добре сипучий порошок суміш потім інтенсивно охолоджують у спеціальній камері до температури 5...6° С повітрям температурою -10° С. При цьому жир змінює свою структуру і надалі не збивається у грудочки, не утворює тверді брикети. Охолоджений продукт фасують у мішки. ЗЦМ використовують розчиняючи його у воді.

## **ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЗАКОНОДАВЧО-НОРМАТИВНИХ АКТІВ**

1. Бутковский В. А. Технологии зерноперерабатывающих производств / В. А. Бутковский, А. И. Мерко, Е. М. Мельников. – М.: Интеграф сервис. – 1999. – 472 с.
2. Бутковский В. А. Технологическое оборудование мукомольных производств / В. А. Бутковский, Г. Е. Птушкина. – М.: ГП Журнал хлебопродукты, 1999. – 96 с.
3. Державні стандарти на зерно та продукти його переробки.
4. Кулак В. Г. Технология производства муки / В. Г. Кулак, Б. М. Максимчук. – М.: ВО Агропромиздат, 1991. – 147 с.
5. Мельников Е. М. Технология крупяного производства / Е. М. Мельников. – М.: ВО Агропромиздат, 1991. – 190 с.
6. Мерко І. Т. Наукові основи і технологія переробки зерна / І. Т. Мерко, В. О. Моргун. – Одеса: Друк, 2001. – 348 с.
7. Миончинский П. Н. Производство комбикормов / П. Н. Миончинский, Л. С. Кожарова.– М.: ВО Агропромиздат, 1991. – 200 с.
8. Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах (ч. 1, ч. 2). – М.: ВНПО Зернопродукт, 1991. – 147 с.
9. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях (ч. 1, ч. 2). – М.: ВНПО Зернопродукт, 1990. – 117 с.
10. Правила организации и ведения технологического процесса производства продукции комбикормовой промышленности. – Воронеж: ВНПО Комбикорм, 1997. – 122 с.
11. Практикум по технологии муки, крупы и комбикормов: Учебник и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений / [Г. А. Егоров, В. Т. Линниченко, Е. М. Мельников, Т. П. Петренко]. – М.: Агропромиздат, 1991. – 208 с.
12. Черняев Н. П. Технология комбикормового производства / Н. П. Черняев. – М.: Колос, 1992. – 258 с.

Навчальне видання

Дудяк Іван Дмитрович

## **ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА**

Курс лекцій

Відповідальний за випуск: О. М. Хотиненко

Технічний редактор: Н. В. Семенюк

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 9,30

Тираж 50 прим. Зам. № \_\_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54029, м. Миколаїв, вул. Паризької комуни, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.