



**Урок
2**

Подрібнення зерна і компонентів комбікормів

В усьому світі корми для тварин прийнято подрібнювати. Очевидно, людина це робить із прадавніх часів, як тільки вона почала для себе молоти зерно на жорнах, одразу ж було встановлено, що й одомашнені тварини краще засвоюють подрібнене зерно. Можна лише поспівчувати нашим предкам та племенам, що нині живуть далеко від цивілізації і здійснюють цю операцію вручну. Виключення щодо необхідності подрібнення складають комбіновані корми для деяких видів птиці.

ЯКІ Ж ЦІЛІ ПОДРІБНЕННЯ?

1. Збільшення площі поверхні частинок для кращого засвоювання тваринами

При розмелі зовнішня поверхня частинок корму багатократно збільшується в порівнянні із не подрібненим кормом, а їх товщина зменшується. Відповідно, поліпшуються умови перетравлювання корму та його всмоктування у кишково-шлунковому тракті.

2. Покращення транспортування деяких інгредієнтів

Деякі інгредієнти надходять на підприємства для виготовлення комбікормів у непридатному для транспортування по маршрутах вигляді. Такими можуть бути відтиснута макуха олійних культур, сушена дрібна риба. Також початково-непридатними є кістки та інші продукти забійних підприємств, крейда, вапняк та ракушняк, а також мушлі, які мають подрібнюватися відразу на підприємствах, що їх відвантажують.

3. Покращення характеристики змішування

Для досягнення кращої однорідності, при перемішуванні сухих речовин, важливо, щоб частинки були співрозмірної величини. Детальніше про це ми поговоримо в уроці, присвяченому технологічній операції змішування.

4. Покращення якості гранул при екструдванні та грануляції

У відповідних розділах ми детальніше зупинимося на відповідних процесах. Зараз же достатньо усвідомити, що не подрібнені продукти, практично, неможливо спресувати в одне ціле, в гранулу. Або ж ця гранула буде дуже крихкою.

5. Задоволення вимог клієнтів

Вище ми говорили, що деякі види комбікормів можуть не потребувати подрібнення. Але, якщо клієнт в силу своїх уявлень бажає цього, виробник мусить із цим погоджуватись.



ОЦІНКА СТУПЕНЮ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ

Оцінюють, зазвичай, розмір і процентний склад різних по величині частинок по залишку на ситах. Для цього просіюють подрібнену наважку на лабораторних ситах з різними отворами, а потім на лабораторних вагах зважують залишок на кожному ситі.

Фото 1. Оцінка ступеню подрібнення кормової сировини на ситах



На практиці користуються термінами: дрібний (тонкий) помел, середній та грубий.

Для птиці краще грубий помел, якщо ви годуєте її негранульованим кормом. І досягнути цього не так просто, як здається на перший погляд. (Див. підрозділ «Молоткові дробарки»).

Для ВРХ та свиней, в принципі, достатньо середнього помелу. Однак, деколи технологи з годівлі свиней ставлять [вимоги для тонкого помелу](#). Якщо Ви досвідчений тваринник і слідкуєте за віддачею від кормів, Ви добре знаєте цю процедуру - дослідження калу Ваших тварин на

предмет неперетравленого зерна. І, якщо таке трапляється, треба ставити вимогу перед виробником кормів про необхідність більш тонкого помелу.

Коли мова йде про виробництво **екструдованих кормів для риби**, або **петфудів** - кормів для собак і котів, - то тут однозначно потрібен тонкий помел. Чим тонше, тим ліпше. Також тонкий помел потрібен при виробництві гранульованих кормів на матрицях із малими отворами (2...2,5 мм), що звичайно виробляють як престарти для поросят.

ВИДИ ДРОБАРОК

Подрібнення зерна може здійснюватись за рахунок перетирання, удару, роздавлювання, або поєднанням цих процесів. Очевидно, що найстарішими методами помелу були роздавлювання зерна на камені (в ступі) та розтирання на жорнах. Також пишуть, що археологи розкопали стародавні кам'яні вальці, яким кілька тисяч років. Ну а безпідпорне подрібнення ударом (молоткові дробарки) з'явилося досить недавно, коли людина винайшла машини, що можуть обертати вали із великою швидкістю.

Виходячи із цього, за видом подрібнюючих робочих органів розрізняють молоткові, дискові та вальцеві дробарки.

МОЛОТКОВІ ДРОБАРКИ

Найбільш розповсюджені в комбікормовій промисловості молоткові дробарки. Імовірно, що цими дробарками подрібнюється більше 95% усього фуражного зерна у світі.

Вони можуть бути з різним виконанням, різної конструкції, але всі вони мають такі робочі органи:

1. Обортовий ротор з молотками. (Обов'язково).
2. Дробильна камера з міцного решета. Рідше рифлена дека.

Зазвичай, обортовий ротор розташований на горизонтальному валу – це класичне виконання молоткових дробарок. Також існують варіанти із вертикальним валом та горизонтальним обертанням молотків. Ці дробарки мають декілька суттєвих переваг.

Є два шляхи подачі продукту у подрібнюючу камеру класичної дробарки:

- Верхній
- Боковий (зазвичай, пневматичний)

У **пневматичних дробарках** використано принцип радіального вентилятора, в якому з торця ротора утворюється сильне розрідження, що дозволяє «засмоктати» зерно по трубі з відстані 4...8 м. По суті це засмоктувально-подрібнювально-метальна машина, що дає можливість обійтись без транспортерів навколо себе.

Схема 1. Креслення пневматичної молоткової дробарки

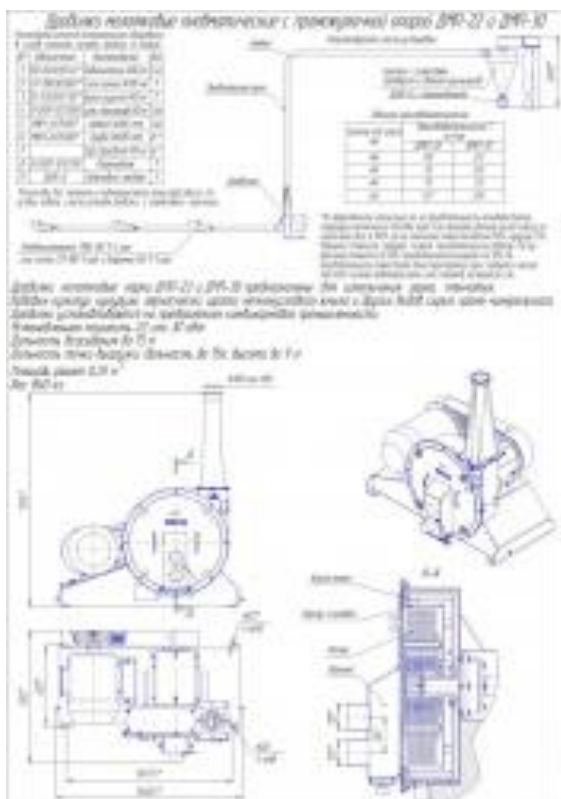


Фото 2. Зовнішній вигляд пневматичної молоткової дробарки



Недоліками цих дробарок є:

1. Завищена енергоємність помелу. Пневмотранспорт завжди дуже енергозатратний.
2. Швидке зношування металевих лопаток, яке призводить до дисбалансу ротора та необхідності кваліфікованого ремонту і балансування.
3. Зменшена продуктивність помелу, особливо при «засмоктванні» з далеких відстаней.
4. Нерівномірна подача зерна на ротор, що призводить до більшої зношеності сита та молотків на ділянці, ближчій до диска.

Взагалі, слід запам'ятати, що за зношеністю та поломками дробарки даного типу, приблизно, вдвічі поступаються класичним.

Класичні молоткові дробарки можуть бути із вузьким або довгим ротором. Чим довший ротор при однаковому його діаметрі, тим більша площа решет, і тим більша продуктивність дробарки. Однак, при збільшенні довжини ротора з'являються додаткові труднощі у забезпеченні рівномірної подачі матеріалу. Таким чином, над потужними дробарками встановлюють спеціальну машину – живильник (питатель, feeder), задачею якого є оптимальне завантаження подрібнюючої камери.

Фото 3. Дробарка великої продуктивності з великим ротором



4

Потужність електродвигуна 250 кВт, розрахована на продуктивність 30 т/год при подрібненні пшениці на решетах з діаметром отворів 4мм

Фото 4. Зовнішній вигляд класичної молоткової дробарки



Фото 5. Молоткова дробарка з вертикальною віссю обертання (горизонтальний ротор)



Вище ми вже згадували про дробарки із вертикальною віссю обертання. Вони мають вищу продуктивність, менші енергозатрати та рівномірніший помел у порівнянні із дробарками класичного типу. Досягається цього результату за рахунок більшої площі решет, а саме, наявності нижнього горизонтального решета. Коли ми розглядатимемо умови проходження частинки через решето, Вам стане це більш зрозумілим. Але, як завжди, при перевагах є й свої недоліки: тут нижні молотки зношуються швидше, ніж верхні, тому цей момент потребує пильнішої уваги та, очевидно, більше часу на обслуговування.

МОЛОТКИ

Молотки можуть бути закріплені жорстко і вільно обертатися на осях (на пальцях). **Частота обертання ротора** лежить в широких межах від 800 до 3000 об/хв. Молотки, що вільно висять на осях під час розгону витягуються як струна за рахунок високої відцентрової сили. Та в порівнянні із жорстко закріпленими мають переваги при ударі.

Найчастіше ротор обертається з частотою вала електродвигуна 800, 1000, 1500, 3000 об/хв

Але правильніше говорити не про частоту обертання, а про лінійну швидкість $V = \omega r$,

де V – лінійна швидкість, м/с;

ω – колова швидкість, рад/с;

r – радіус обертання, м.

5

Бажано реально порахувати та знати швидкість ваших молотків. Від цього можна зробити багато корисних висновків.

Лінійна швидкість молотків може бути від 1800 до 7000 м/хв

Зазвичай вважається, що швидкість молотка повинна бути близько 100 м/с (в 3 рази менше ніж швидкість звуку).

■ НАЛАШТУВАННЯ І ЗАМІНА МОЛОТКІВ

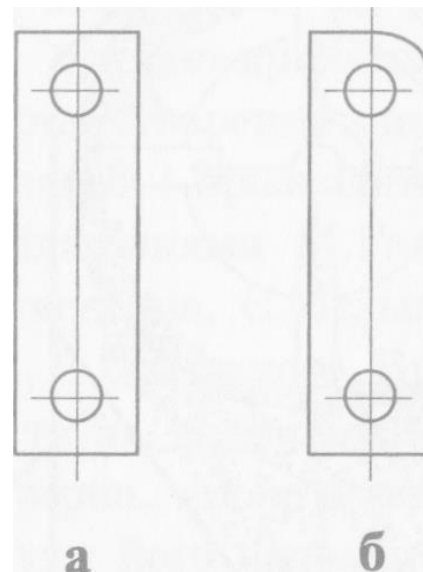
Молотки можуть працювати в 4 положеннях.

Зношені молотки можна спочатку перевернути на 180°, а потім повторити ці ж операції на іншому отворі.

Сучасні молоткові дробарки для солідних заводів оснащені системою реверсивних пусків. Так, кожен наступний запуск здійснюється у протилежному напрямку, що забезпечує рівномірніше зношування молотків на одному отворі та економить час на обслуговування дробарки.

Термін служби молотка зі зміненою гранню в 4 рази більше ніж звичайного.

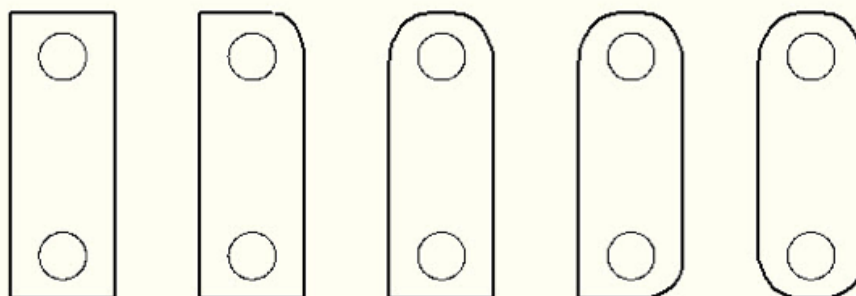
Схема 2. Приклад зношення молотків



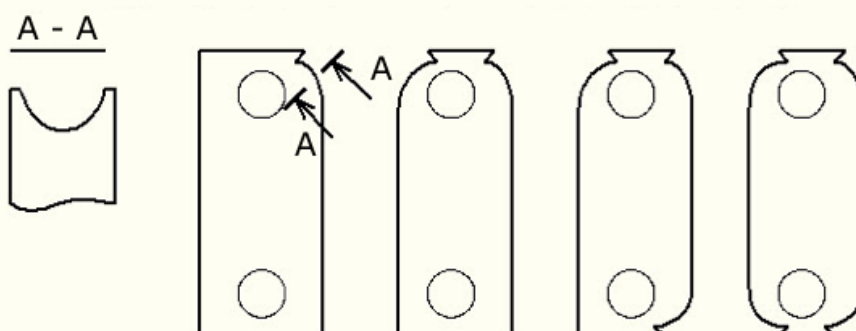
а) – новий; б) - зношений

Схема 3. Характер зносу молотків

Характер зношення стандартного молотка



Характер зношення молотка зі зміщеною гранню



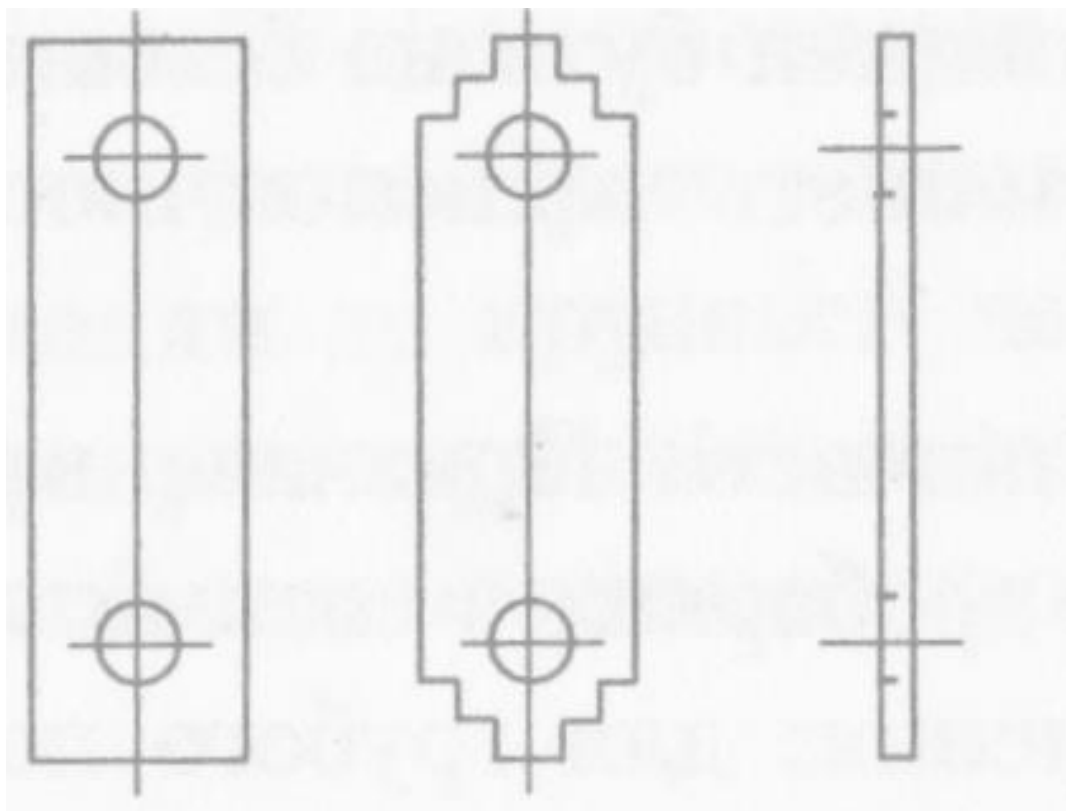
■ ЗАМІНА МОЛОТКІВ

Операція заміни молотків не настільки проста, як може здатися на перший погляд. На кожній осі маса молотків повинна бути приблизно однаковою. Також молотки повинні бути правильно розміщені на кожній осі, особливо на дробарках із довгими барабанами. Помилки при наборі молотків призводять до сильних вібрацій, а інколи й до руйнування рамних конструкцій.

При досить простій конструкції молотків, як таких, є певні вимоги до сталі, із якої вони виготовлені. Зазвичай, це не просто - нарізати металеву полосу та просвердлити в ній отвори. Термін служби таких молотків вас сильно розчарує, а простої від обслуговування обійдуться дуже дорого. Я рекомендую встановлення якомога якісніших молотків, навіть якщо вони коштуватимуть дорожче.

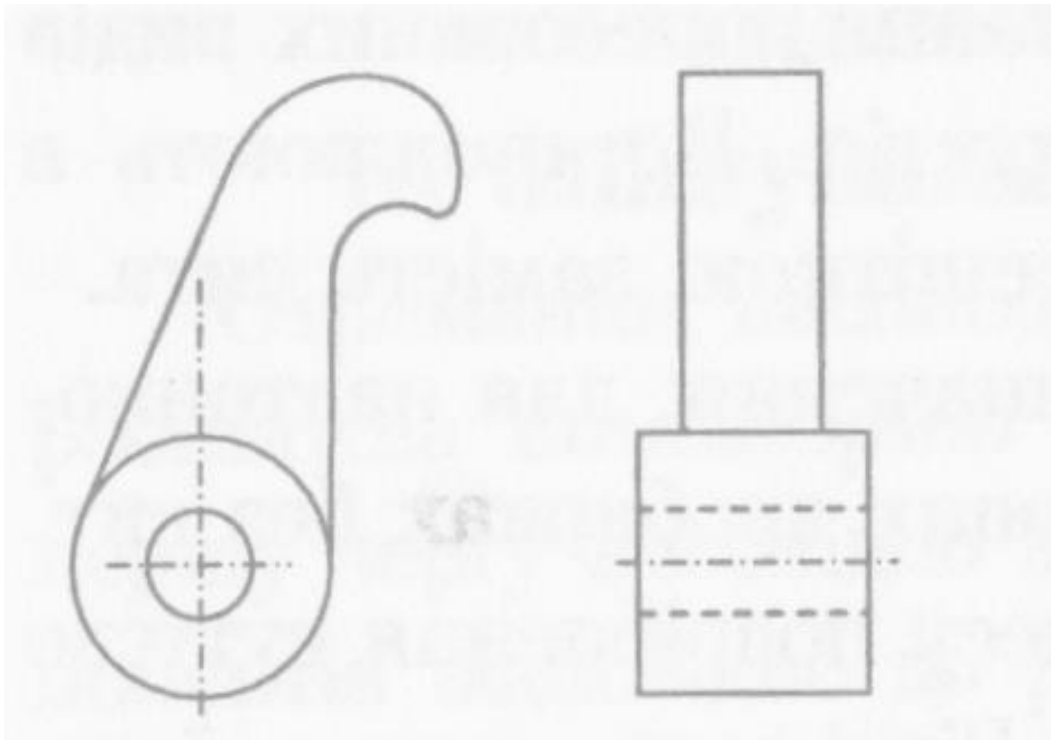
У мене був свого часу чудовий досвід експлуатації молоткової дробарки в Екваторіальній Африці. Там на заводі, через відсутність якісної очистки сировини, молотки виходили з ладу дуже швидко. А постачання від заводу-виготовлювача затримувалось через віддаленість. І мені довелось налагодити власне їх виробництво. Тільки я робив наварювання ударної частини молотків чавунним електродом, а потім правильно балансував їх на осях. Ті молотки працювали, навіть, довше, ніж оригінальні. Але, без необхідної кваліфікації персоналу я не раджу цього робити.

Схема 4. Пластинчасті, прямокутні, ступінчасті молотки



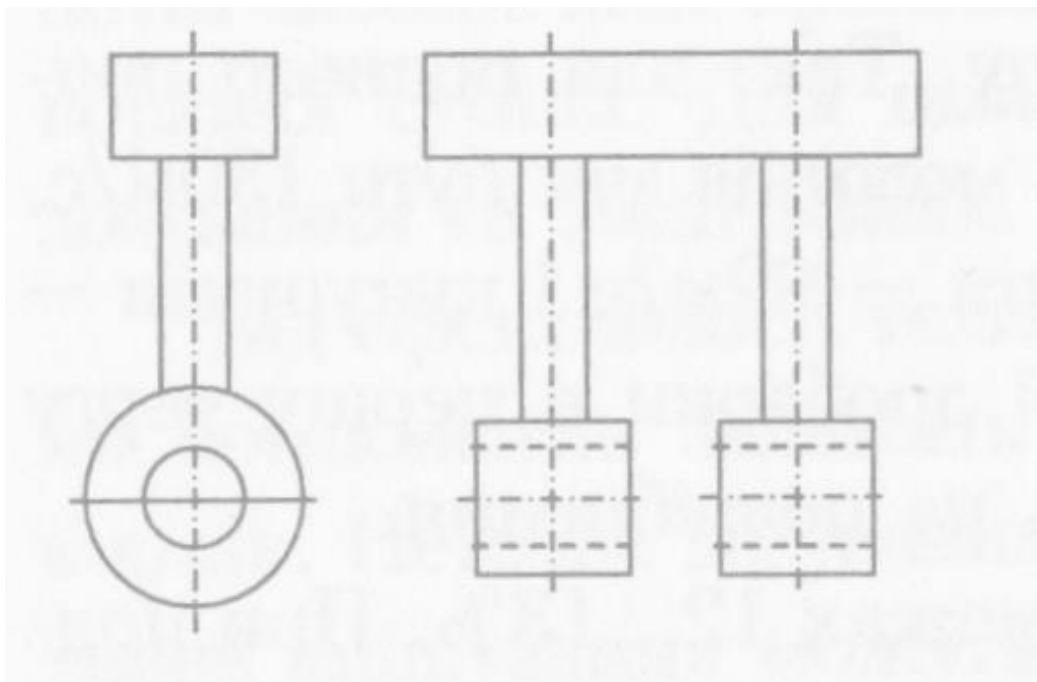
Молотки бувають пластинчасті, прямокутні, ступінчасті. Призначення: універсальні. Такі молотки встановлюють в молоткових дробарках з ситами.

Схема 5. Молотки массивні, Г-подібні



Молотки массивні, Г-подібні. Призначення: для грубого подрібнення сировини мінерального походження, пресованих видів сировини, макухи, крупно кускових продуктів. Встановлюють в молоткових дробарках з колосниковою решіткою замість сита.

Схема 6. Молотки массивні П і Т-подібні.



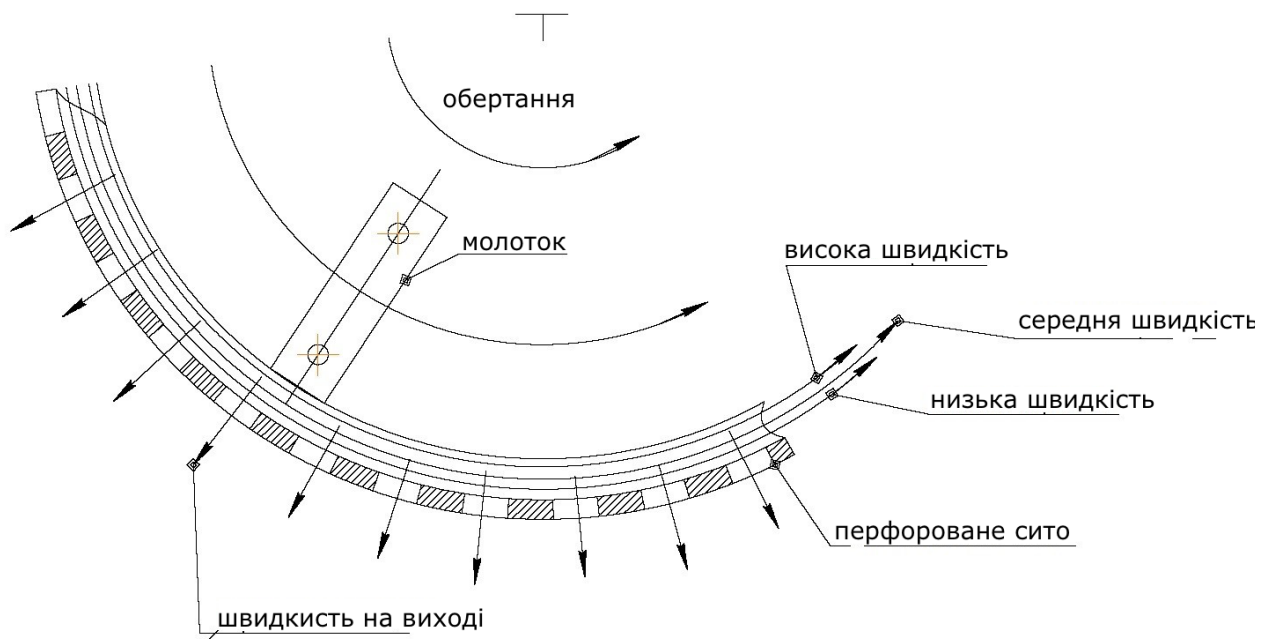
Призначення: для надтонкого подрібнення. Встановлюють в молоткових дробарках без сит.



Поверхня молотка повинна бути тверда але серцевина м'яка. Перекалені молотки розлітаються від удару об сторонні предмети.

ТЕОРІЯ ПОМЕЛУ

Схема 7. Швидкість частинок всередині подрібнюючої машини



В дробарці процес подрібнення відбувається наступним чином. Продукт, що надходить у камеру подрібнювача, захоплюється молотками і доставляється в нижню частину, яка є зоною подрібнення. Це відбувається на дуже короткій ділянці обертання.

Молотки постійно обертаються, подрібнюють і розганяють продукт, який рухається шаром по ситі, але його швидкість менша, ніж швидкість кінців молотків. Верхня частина матеріалу пересувається під дією молотків з великою швидкістю, зовнішня частина матеріалу уповільнюється завдяки тертю об сито. Швидкість наступних шарів зменшується по мірі збільшення відстані від центра. Подрібнені частинки під дією центробіжних сил просуваються через шар, розпушений молотками, до сита.

Швидкість частинок, що рухаються по ситі, повинна бути такою, щоб частинка могла пройти через отвір. Коли швидкість шару, що знаходиться близько до сита, дуже велика, частинки продовжують проходити повз отвір, викликаючи зношення молотків, нагрівання і додаткове руйнування матеріалу. Швидкість частинок зменшується за рахунок опору тертя до тих пір, доки під дією відцентрової сили частинки не проходять через отвори.

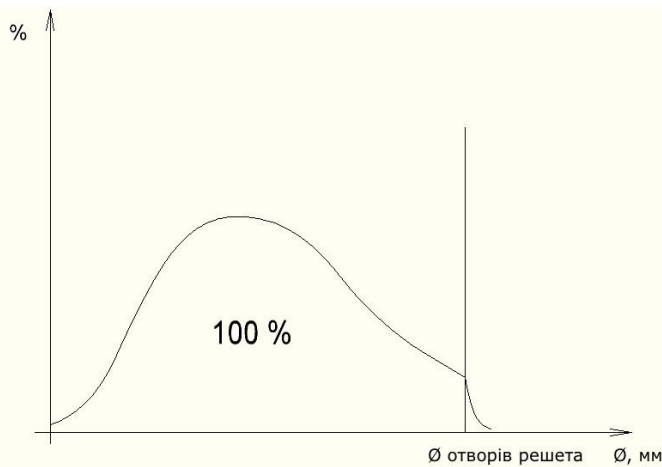
Є дві обов'язкові умови проходження частинки через отвір решета. При відсутності навіть однієї із них частинка продовжить знаходитися в подрібнюючій камері, сприймати удари молотків та руйнуватися:

1. Поперечний розмір частинки повинен бути меншим, ніж діаметр отворів.
2. Частинка повинна знаходитись на решеті, а не на шарі продукту.



У деяких нових дробарках за решетом створюють розрідження, щоб полегшити проходження частинок крізь сито. В цьому випадку продуктивність збільшується, відсоток пиловидної фракції зменшується. Це може бути корисним при виробництві

Схема 8. Графік розподілу частинок



Крива Гауса (крива нормального розподілу)

розсипних кормів для птиці. Однак, і це не всі засоби, які успішно застосовують для подолання проблеми надмірного пилу.

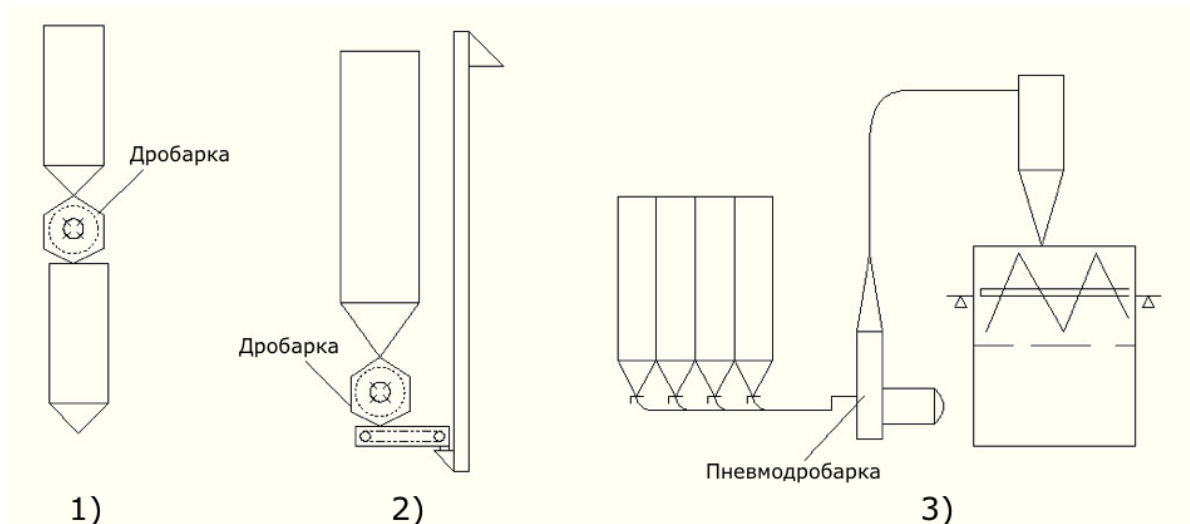
Заповнення простору камери молотками залежить від кількості і товщини молотків. Зменшення товщини молотків з 8 мм до 3 мм підвищує продуктивність дробарки на 15%. Тонші молотки краще подрібнюють зерно, але їх термін служби менший.

■ **ВТРАТИ ВОЛОГОСТІ СИРОВИНИ ПРИ ПОМЕЛІ**

Від удару зерно дробиться і переміщується до периферії, де його швидкість зменшується. Від тертя, дроблення та зміни напрямку швидкості зерно нагрівається на 5–10°C, а також втрачає 1% вологості по масі. При будь-якому помелі зерно втрачає вологість. Це варто обговорити детальніше.

Існує три основні схеми "обв'язки" дробарки:

Схема 9. Післяпомельне транспортування зерна



Ось деякі особливості кожної з цих схем:

1. Слідкувати, щоб зерно не залишалося довго, бо воно нагріте і втрати вологості від транспортування становлять 0,1%
2. Втрати вологості – 0,22 %
3. Втрати вологості – 0,95 %.

Втрати вологості додаються до втрат при подрібненні.

РЕШЕТА

Чим товстіший лист, з якого вони виготовлені, тим решето довговічніше, хоча продуктивність помелу падає. Тонкість помелу пропорційна відстані між вістрями молотка і решетом. Вважається оптимальним зазор 8 мм.

Найбільший вплив на тонкість помелу має діаметр отворів сит. Але на решетах з діаметром менше 3 мм продуктивність помелу падає в квадратичній залежності.

Це потрібно уважно враховувати при виробництві пет-фудів та екструдованих рибних кормів. У мене був такий досвід: молоткова дробарка потужністю 45 кВт, яка при роботі із ситами з отворами 4 мм мала продуктивність 6 т/год – при встановленні сит з отворами 1 мм її продуктивність упала до 200..300 кг/ год. Це більше, ніж у 20 разів! Я був приголомшений, тому довелось негайно переробляти всю лінію, щоб забезпечити необхідну продуктивність помелу.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ДРОБАРКИ

Від чого залежить продуктивність помелу? Я спробував розставити параметри у порядку їх значимості:

- Діаметр отворів сита;
- Швидкість молотків;
- Стан молотків;
- Розрідження поза ситом;
- Вологість продукту та інші його характеристики;
- Товщина молотків;
- Стан решета;
- Відстань між молотками та решетом;
- Швидкість подачі матеріалу (спочатку продуктивність зростає, а потім падає).



Автор курсу: Володимир Володимирович Ярошенко, експерт із промислового виробництва комбікормів, багаторічний консультант рубрики «Виробництво комбікормів» інформаційного порталу soft-agro.com
