

## ПІДВИЩЕННЯ БЕЗВІДМОВНОСТІ ПІДСИСТЕМ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК В ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Болтянська Н.І., к.т.н., доц. кафедри ТСТТ  
Таврійський державний агротехнологічний університет  
Тел.: +38 (0619) 42-05-70

**Анотація** - у статті розглянуто дослідження довговічності та безвідмовності підсистем молоткових дробарок в процесі їх експлуатації.

**Ключові слова** - довговічність, безвідмовність, експлуатація, подрібнювач концентрованих кормів, відмова, ймовірність безвідмовної роботи.

*Постановка проблеми.* Технології і обладнання підприємств сільськогосподарського машинобудування України морально застаріли, а їх фізичне зношення обладнання досягає 40...90% [1]. Виробничі потужності розраховані на великі обсяги виробництва, а попит на ринку суттєво зменшився [2]. Застарілі технології і обладнання та низька якість конструкційних матеріалів, що застосовуються, не дозволяють виготовляти конкурентоздатні сільськогосподарські машини [3]. Отже, рівень безвідмовності таких машин повинен бути достатньо високим на всіх стадіях використання, але усунення відмов і пов'язані з цим простої наносять значні матеріальні збитки підприємствам [4].

Подрібнення зерна - одна з найважливіших операцій в кормоприготуванні. Для подрібнення існує багато конструкцій кормодробарок, найпоширенішими серед яких є молоткові. На сьогодні парк цих машин, що знаходяться в експлуатації складає біля 20 тисяч штук. Суттєвим недоліком кормодробарок є недостатня їх надійність, яка обумовлена, насамперед, низькою безвідмовністю механізмів, різницею в наробітках на відмови окремих вузлів і деталей.

Проблема забезпечення необхідної надійності пов'язана з особливостями і складністю конструкцій дробарок, а також умовами їх експлуатації: високими швидкостями подрібнення зерна, наявністю вібрації, впливом абразивного середовища, тощо.

*Аналіз останніх досліджень.* Значний вклад в питання вивчення надійності та підвищення довговічності основних робочих органів дробарок, шляхом удосконалення конструкцій машин, їх вузлів і деталей внесли такі видатні вчені, як Фабрикант М.Б., Мельников С.В., Ялпачик Г.С., Золота-

ршов С.В., Бойко А.І., Пилипенко О.М., Сідашенко О.І., Новицький А.В. та інші [5-8].

В результаті проведених досліджень закладені основи забезпечення надійності машин, але багато важливих питань ще не отримали свого остаточного вирішення. В науковій літературі практично відсутні публікації по дослідженню надійності кормодробарок. Недостатньо висвітлена методологія оцінки надійності дробарок в реальних умовах експлуатації.

Тенденція розвитку техніки показує, що вирішення питань надійності не можливе без системного, комплексного підходу. До сьогодні, знаходяться в стадії розробки розрахункові методи визначення основних показників надійності кормодробарок, дослідження фізики відмов, їх характеру і розподілу. Постає необхідність у проведенні дослідження динаміки спрацювання деталей, що лімітують надійність.

Зростання навантаження на кормодробарки за кількістю переробленого матеріалу поставило питання про підвищення їх довговічності та технологічної надійності. У першу чергу це робочі органи дробарок - молотки та деки.

У процесі експлуатації дробарок інтенсивно спрацьовуються: ротор із молотками, підшипники, сита і деки, шнеки. Досвід експлуатації дробарок свідчить, що найбільше нарікань буває на подрібнювальний ротор із молотками, які спрацьовуються швидше, ніж інші деталі. Встановлено, що основними дефектами вала ротора є спрацювання посадочних місць під підшипники і напівмуфту, а також спрацювання шпоночної канавки.

*Формулювання цілей статті.* Дослідити довговічність та безвідмовність кормодробарок в процесі їх експлуатації. Визначити найменш надійну підсистему кормодробарок та розподілення відмов по підсистемах молоткових дробарок.

*Основна частина.*

З позиції надійності, спрощена загальна структурна схеми кормодробарки може бути представлена у вигляді послідовно з'єднаних наступних типових складових підсистем: завантажувального шнека, зернового бункера, подрібнювальної камери, роздільної камери, шнека роздільної камери, вивантажувального шнека. Таке представлення правомірне, виходячи з того, що відмова будь-якої з підсистем, призводить до відмови машини в цілому.

У процесі експлуатації, кормодробарка може знаходитись в різних станах, обумовлених можливістю її роботи або необхідністю технічного обслуговування та ремонту. З точки зору надійності, найбільший інтерес представляє перехід машини із роботоздатного стану в нероботоздатний і навпаки. Час знаходження об'єкта дослідження в роботоздатному стані і час відновлення після відмови носять випадковий характер [9].

Для оцінки надійності кормодробарок прийняті одиничні показники довговічності, безвідмовності, ремонтпридатності та комплексний показник - коефіцієнт готовності.

Найбільш суттєвими для кормодробарок є показники безвідмовності, оскільки під час приготування кормів необхідно забезпечити роботоздатність машини на протязі певного інтервалу часу без перебоїв у годівлі тварин. Практика свідчить, що тільки через порушення режиму годівлі та поїння відзначається зниження продуктивності дійних корів приблизно на 15%.

Крім цього, важливо мати характеристики ремонтпридатності, так як роботи по підтриманню роботоздатного стану машини бажано проводити в стислі строки, в періоди між змінами по приготуванню кормів.

Ймовірність безвідмовної роботи кормодробарки визначається шляхом дослідження переходів в різні можливі стани.

На основі рівнянь Колмогорова, ймовірності переходів підсистем дробарки і її, як складної системи в цілому, у різні стани можна записати у вигляді системи диференціальних рівнянь [9]:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -aP_0(t) + \mu_i P_i(t); \\ \frac{dP_i(t)}{dt} = \omega_i P_0(t) - (\mu_i + a_i) P_i(t), \end{cases} \quad (1)$$

де  $P_0$  – ймовірність безвідмовної роботи кормодробарки;

$P_i$  – ймовірність відмови, будь якої з  $i$ -їх підсистем;

$\omega_i$  – параметр потоку відмов  $i$ -ої підсистеми;

$\mu_i$  – параметр потоку відновлень  $i$ -ої підсистеми;

$a_i$  – параметр перетворень потоків відмов  $i$ -ої підсистеми.

Практичний інтерес для аналізу роботоздатності дробарки з позиції надійності в період тривалої експлуатації після припрацювання до списання, представляє сталий, стаціонарний режим, для якого  $\frac{dP_i}{dt} = 0$ . Тоді система диференціальних рівнянь (1) переходить в алгебраїчну, вирішення якої відносно невідомих, після відповідних математичних перетворень дає:

$$\begin{cases} P_0 = \left( 1 + \sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{\mu_i + a_i} \right)^{-1}; \\ P_i = P_0 \cdot \frac{\omega_i}{\mu_i + a_i}, \end{cases} \quad (2)$$

де  $n$  – кількість підсистем дробарки.

Аналіз першого рівняння системи (2) показує, що ймовірність безвідмовної роботи дробарки, як цілої системи може тільки асимптотично спрямуватись до максимального свого граничного значення і завжди менше його, оскільки до одиниці додаються ще складові обумовлені конкретними величинами параметрів потоків відмов і відновлень.

З другого рівняння (2) видно, що на ймовірність відмови будь якої з підсистем впливає тільки другий множник, який і враховує особливості їх ймовірнісних характеристик пов'язаних з розподілом відмов і відновлень.

Оскільки отримане значення ймовірності безвідмовної роботи кормодробарки  $P_0$  характерне для моменту часу значно віддаленого від початку експлуатації, а до складу рівнянь входять параметри відмов і відновлень механізмів, то ця ймовірність дорівнює коефіцієнту готовності  $K_G$ , тобто

$$P_0 = K_G. \quad (3)$$

Найменш надійна підсистема дробарок на які першочергово цілеспрямовуються дії по підвищенню довговічності та безвідмовності - подрібнювальна камера, для якої можна виділити п'ять основних елементів, які лімітують її ресурс: молотки, деки, решета, підшипники вала подрібнювального ротора та привідні паси. Відмови цих елементів визначають стан підсистеми, в якому вона може перебувати [3].

Відмови по підсистемах молоткових дробарок розподіляються нерівномірно. Найбільша їх кількість припадає на подрібнювальну камеру – 33,6%, завантажувальний шнек – 21,9% та зерновий бункер – 18,5% (рисунок 1). По групах складності відмови формуються наступним чином: 1 група складності – 13,7% відмов, 2 група складності – 84,2% і 3 група складності – 2,1% відмов від загальної їх кількості.



Рис. 1 - Розподіл відмов по підсистемах молоткових дробарок, %

Важливим для забезпечення надійності кормодробарки є вивчення впливу окремих видів пошкоджень з визначенням ймовірності їх появи.

Надійність дробарок і їх підсистем залежить від параметрів потоків відмов  $\omega_i(t)$  і відновлень  $\mu_i(t)$ , вплив яких встановлено на основі моделювання станів і процесів переходів структурних одиниць в різні стани. Основний вплив на пошкодження деталей і формування їх відмов чинить процес спрацювання, обумовлений контактною взаємодією робочих органів із зерновою масою.

*Висновок.* Значної уваги набули роботи з підвищення довговічності робочих органів і дробарок в цілому конструкторсько-технологічними методами. Такий напрямок в поєднанні з застосуванням деталей підвищеної довговічності дозволяє значно підняти наробіток дробарок, зменшити витрати на проведення технічного сервісу.

Важливим для забезпечення надійності кормодробарки є вивчення впливу окремих видів пошкоджень з визначенням ймовірності їх появи.

Надійність дробарок і їх підсистем залежить від параметрів потоків відмов  $\omega_i(t)$  і відновлень  $\mu_i(t)$ , вплив яких встановлено на основі моделювання станів і процесів переходів структурних одиниць в різні стани.

Основний вплив на пошкодження деталей і формування їх відмов чинить процес спрацювання, обумовлений контактною взаємодією робочих органів із зерновою масою.

Перспективним напрямком подальших досліджень в галузі підвищення надійності кормоподрібнювальної техніки слід вважати комплексний структурний аналіз надійності машин на основі системного підходу до їх конструктивних рішень.

#### *Література*

1. *Пастухов В.І.* Обґрунтування оптимальних комплексів машин для механізації польових робіт / Автореф. дис... д-ра техн. наук, 05.05.11. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2006. – 38 с.
2. *Басін В.С.* Надійність як умова подальшого розвитку // Техніка АПК. – 2007. – №10. – С. 14–15.
3. *Гарькавий А.Д.* Конкурентоспроможність технологій і машин / *А.Д. Гарькавий, В.Ф. Петриченко, А.В. Спірін.* – Вінниця: Тірас, 2006. – 73 с.
4. *Басін В.С.* Надійність та конкурентоспроможність // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х., 2007. – Вип.51. – С. 16–21.
5. *Іванов В.І.* Теоретичні положення забезпечення надійності машин підвищенням кореляції між їх елементами (селекція елементів в машині) // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка / *В.І. Іванов, В.А. Бантковський, Д.О. Козій.* – Х., 2007. – Вип.67. – Т.1. – С. 145–150.

6. *Бойко А.І., Новицький А.В.* Підвищення надійності кормодробарок та подрібнювачів // *Механізація сільськогосподарського виробництва*. – К.: НАУ. – 1997. – Т. III. – с. 6-8.
7. *Новицький А.В.* Метод оцінки роботоздатності кормоподрібноючих машин // *Механізація сільськогосподарського виробництва*. – К.: НАУ. – 1998. – Т. IV. – с. 63-68.
8. *Новицький А.В.* Підвищення безвідмовності кормодробарок конструкторсько-технологічними методами на основі структурного аналізу їх надійності. Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11. - “Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва”. - НАУ, Київ, 2001.
9. *Сухарев Е.О.* Експлуатаційна надійність машин. – Рівне: НУВГП, 2006. – 190 с.

**ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И БЕЗОТКАЗНОСТИ  
ПОДСИСТЕМ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК В ПРОЦЕССЕ ИХ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Болтынская Н.И.

*Аннотация*

**В статье рассмотрено исследование долговечности и безотказности подсистем молотковых дробилок в процессе их эксплуатации.**

**RESEARCH DURABILITY AND RELIABILITY HAMMER CRUSHERS  
SUBSYSTEMS IN THEIR OPERATION**

N. Boltyanskaya

*Summary*

**The article deals with the study of durability and reliability subsystems hammer crushers during their operation.**