

УДК 631.173

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА БЕЗВІДМОВНОСТІ ПІДСИСТЕМ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК В ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Болтянський О.В., к.т.н.,

Болтянська Н.І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (619) 42-05-70

Анотація – у статті досліджені довговічність та безвідмовність 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., Золотарьов 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 неможливе без системного, комплексного підходу. Дотепер 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 (постановка завдання). 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, ремонтопридатності 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, бо 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 і-їх підсистем;

ω_i – параметр потоку відмов і-ої підсистеми;

μ_i – параметр потоку відновлень і-ої підсистеми;

a_i – параметр перетворень потоків відмов і-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

. 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 системи (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 спрямовуються дії з підвищення 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% (рис. 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 зерною масою.

Висновки. 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 зерною масою.

Перспективним напрямком подальших досліджень в галузі підвищення надійності кормоподрібнювальної техніки слід вважати ком-

плексний 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... докт. техн. наук ; 05.05.11 / *В.І. Пастухов.* – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2006. – 38 с.

2. *Басін В.С.* Надійність як умова подальшого розвитку / *В.С. Басін* // 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 / *В.С. Басін* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2007. – Вип. 51. – С. 16–21.

5. *Іванов В.І.* Теоретичні положення забезпечення надійності машин підвищенням кореляції між їх елементами (селекція елементів в машині) / *В.І. Іванов, В.А. Бантковський, Д.О. Козій* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2007. – Вип. 67, т.1. – С. 145–150.

6. *Бойко А.І.* Підвищення надійності кормодробарок та подрібнювачів / *А.І. Бойко, А.В. Новицький* // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К.: НАУ, 1997. – Т. III. – С. 6-8.

7. *Новицький А.В.* Метод оцінки роботоздатності кормоподрібноючих машин / *А.В. Новицький* // 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... канд. техн. наук; 05.05.11 / *А.В. Новицький.* - Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. - НАУ, Київ, 2001.

9. *Сухарев Е.О.* Експлуатаційна надійність машин / *Е.О. Сухарев.* – Рівне: НУВГП, 2006. – 190 с.

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

Болтянский О.В., Болтянская Н.И.

Аннотация – в статье исследованы долговечность и безотказность подсистем молотковых дробилок в процессе их эксплуатации.

**A RESEARCH OF DURABILITY AND RELIABILITY OF SUB-
SYSTEMS OF HAMMER CRUSHERS AT THEIR OPERATION**

O. Boltyansky, N. Boltyanskaya

Summary

A paper considers a research of durability and reliability of sub-systems of hammer crushers during their operation.