

УДК 637.116:621.51

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОТАЦІЙНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ІНДИВІДУАЛЬНИХ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК

Дудін Володимир Юрійович ст. викладач

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

Dudin V.

Dnepropetrovsk State Agrarian Economics University

Анотація: проведено обґрунтування вибору полімерного композиційного матеріалу, як конструкційного для виготовлення пластин ротаційного вакуумного насоса. Ресурсні випробування та оцінку фактичного рівня надійності вакуумного насоса, укомплектованого пластинами з експериментального матеріалу, проводили у складі індивідуальних доїльних установок в приватних господарствах населення. Встановлено основні показники надійності – ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$, інтенсивність відмов $\lambda(t)$, щільність відмов $f(t)$ та напрацювання на відмову t_0 . Отримані дані про типові відмови досліджуваного вакуумного насоса свідчать про те, що прогнозований ресурс роботи пластин з експериментального матеріалу складе близько 10000 годин.

Ключові слова: пластина, надійність, знос, наробіток.

Постановка проблеми

Надійність та якість роботи індивідуальних доїльних установок, які працюють в приватному секторі, залежить від силових агрегатів, в якості яких знайшли широке використання ротаційні пластинчаті вакуумні насоси. Недоліки цього типу машин обумовлюються недосконалістю конструкції, обмеженнями, які накладаються використанням традиційних матеріалів. Наприклад, використання нових самозмащуваних матеріалів в якості конструкційних для виготовлення пластин насоса, дозволяє не лише уникнути необхідності змащення робочих поверхонь, а й зняти обмеження на припустиму швидкість руху пластини по поверхні статора.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дослідженням експлуатаційної надійності роботи вакуумних насосів при машинному доїнні присвячені роботи багатьох вітчизняних і зарубіжних учених. Основні положення викладені в працях Мжельського М.І., Стреміна В.А., Захаріна А.В., Мкртумяна В.С., Бинєєва Р.Е., Козлова В.Т., Рибнікова А. П., Алієва Е.Б. та ін. У роботах автори розглядають питання дослідження існуючих конструкцій вакуумних насосів доїльних установок промислового типу, оцінки надійності їх деталей і вузлів. Так за даними [1] ці насоси мають недостатньо високий міжремонтний ресурс (800-900 годин), який обумовлений падінням продуктивності в результаті збільшення торцевих перетікань газу і теплових зазорів через нагрівання. Це є наслідком процесів тертя робочих поверхонь деталей вакуумного насоса, що приводять зношування робочих органів, в першу чергу пластин. Крім того, з практичного досвіду використання індивідуальних доїльних установок, можна стверджувати, що більшість відмов трапляється через недотримання правил експлуатації та обслуговування силових агрегатів. Тому удосконалення конструкції, спрощення або усунення необхідності поточного обслуговування

ротаційних вакуумних насосів, які використовуються в доїльних установках для малих ферм з метою підвищення їх експлуатаційної надійності є на сьогодні актуальним питанням.

Виклад основного матеріалу дослідження

Необхідність змащення поверхонь тертя ротаційного вакуумного насоса обумовлюється матеріалами пари тертя, які в переважаючій більшості конструкцій насосів: текстоліт (пласина) - чавун (статор). При роботі без змащення в парі спостерігається досить високий коефіцієнт тертя і підвищене зношування текстоліту, а висока температура, яка виникає в зоні контакту, приводить до необоротної термодеструкції матеріалу пластин. При цьому продукти термодеструкції мають високу твердість, яка приводить до катастрофічного зношування внутрішньої поверхні статора. Деякі закордонні виробники вирішують цю проблему шляхом використання лопаток на основі графітових матеріалів, що значно зменшує коефіцієнт тертя в парі при сухому ковзанні і дає можливість відмовитися від змащення. Однак використання таких матеріалів обмежено двома причинами: досить високе зношування графітових лопаток і їх низька стійкість до динамічних навантажень, яка приводить до механічного руйнування під час перехідних режимів роботи насоса (пуск, зупинка). Тому наробіток таких лопаток досить низький, що викликає необхідність їх частої заміни. Крім того застосування графітових лопаток передбачає високі вимоги до якості виконання поверхні статора, а це приводить до збільшення вартості його виготовлення. У цьому розрізі альтернативою графітовим матеріалам можуть виступити вуглепластики - полімерні композиційні матеріали (ПКМ), армовані вуглецевим волокном. На сьогодні багато сучасних ПКМ спеціального призначення стали доступними для використання в різних областях машинобудування. Один з таких матеріалів вуглепластик на основі фенолформальдегідної смоли резольного типу ЛБС-1, армованої вуглецевим волокном. Недоліком даного матеріалу є досить високий коефіцієнт тертя при роботі без змащення – до 0,35. Тому для виготовлення пластин вакуумного насоса нами запропоновано новий матеріал, до складу якого входить термічно-розщеплений графіт [2].

В результаті проведення експериментальних досліджень із визначення раціонального складу матеріалу пластин вакуумного насоса встановлено, що мінімальний коефіцієнт тертя $f = 0,11$ спостерігається для композиційного матеріалу із вмістом термічно розщепленого графіту 5,9 % [3].

Ресурсні випробування та оцінку фактичного рівня надійності дослідного вакуумного насоса [4] проводили у складі індивідуальних доїльних установок в приватних господарствах населення Дніпропетровської та Запорізької областей. Дослідження з визначення параметрів надійності ротаційного пластинчатого вакуумного насоса проведено згідно з планом спостережень $[N, R(r, t)]$ у виробничих умовах [5]: план спостережень, згідно якому одночасно починають випробування N об'єктів; об'єкти, що відмовили під час випробувань замінюються новими; спостереження припиняються, коли число об'єктів, що відмовили досягло значення r або при закінченні часу спостережень, або наробітку t .

Аналіз роботи досліджуваного вакуумного насоса з точки зору надійності, показав, що її основні показники це: ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$, інтенсивність відмов $\lambda(t)$, щільність відмов $f(t)$ та напрацювання на відмову t_0 . Дані показники є випадковими величинами, що пояснюється як розсіюванням характеристик при виготовленні нових вузлів і агрегатів, так і різноманіттям умов експлуатації. В результаті для їх обробки були вибрані методи математичної статистики і теорії ймовірностей. Скориставшись методом найменших

квадратів, який дає більш повні характеристики надійності спостережуваних об'єктів для подальших розрахунків, за отриманими даними в результаті спостережень за роботою 186 вакуумних насосів, використовувались складені статистичні ряди у вигляді напрацювань до відмови.

За отриманими даними були побудовані графіки показників надійності досліджуваного вакуумного насоса (рис. 1).

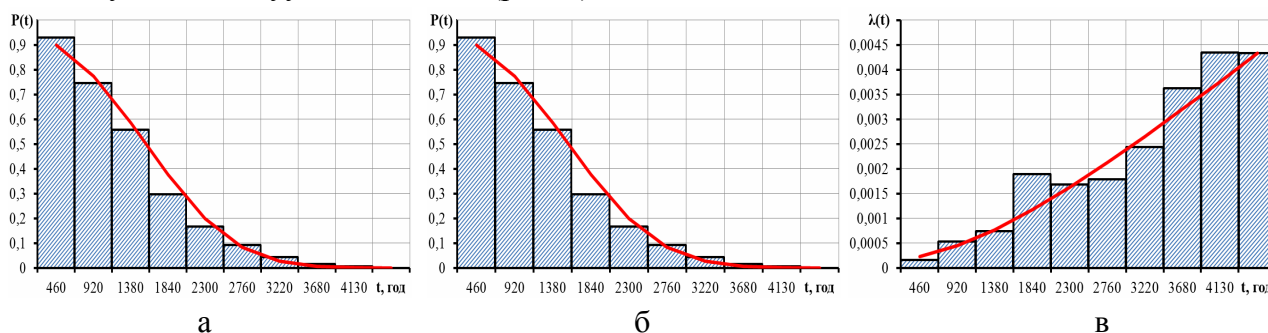


Рис. 1. Ймовірність безвідмовної роботи (а), інтенсивність відмов (б), щільність відмов (в) ротаційного пластинчатого вакуумного насоса

Проведені розрахунки коефіцієнта кореляції та візуальний аналіз графіків на рис. 1 показують, що найбільш достовірними моделями, що описують розподіл щільності на відмову для досліджуваного вакуумного насоса є закон нормального розподілу (таблиця 1).

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції та регресії показників надійності ротаційного пластинчатого вакуумного насоса

| Коефіцієнт лінійної регресії А | Коефіцієнт лінійної регресії В | Коефіцієнт кореляції г | Середній час наробітку до відмови t_0 | Середнє-квадратичне відхилення σ |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|---|---|
| 1,007 | 0,008 | 0,995 | 1576 | 864 |

Таблиця 2

Типові відмови ротаційного пластинчатого вакуумного насоса

| Найменування відмови | Кількість відмов | |
|--|------------------|-----|
| | шт. | % |
| Знос пластин вакуумного насоса | 0 | 0% |
| Шорсткість робочої поверхні вакуумного насоса | 41 | 22% |
| Вихід з ладу підшипників вакуумного насоса | 95 | 51% |
| Зношення вала ротора | 32 | 17% |
| Вихід з ладу пружної муфти приводу вакуумного насоса | 18 | 10% |

Якщо проаналізувати рівень надійності досліджуваного вакуумного насоса, то з графіків, наведених на рис. 1, і даних з таблиці 1, видно, що у вакуумного насоса в межах 1380-1840 годин виникає найбільша кількість відмов, які не пов'язані зі зносом пластин. Рівень безвідмовності вакуумного насоса зменшується зі збільшенням напрацювання. Результати розподілу відмов вакуумного насоса дозволили виявити найбільш типові відмови (табл. 2).

По закінченні випробувань вакуумного насоса, який мав найбільший наробіток на відмову (4600 годин), його продуктивність при вакуумі 48 кПа складала 14,3 м³/год., або 79 %

від початкової (на початку випробувань 18 м³/год.). Результати мікрометражу деталей цього насоса представлені в таблиці 3. Розподіл інтенсивності зносу пластини по товщині представлено на рисунку 2. Фотографії деталей вакуумного насоса представлені на рисунку 3.

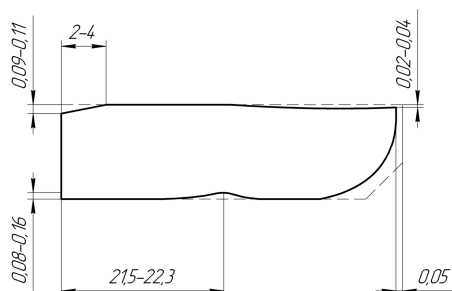


Рис. 2. Розподіл інтенсивності зносу пластини по товщині (розміри в мм)

Таблиця 3

Результати мікрометражу деталей насоса

| Найменування деталі | Параметр | Розмір деталі, мм | | Знос, мм | Відносний знос, % |
|---------------------|----------|-------------------|-------------------|-----------|-------------------|
| | | до випробувань | після випробувань | | |
| Пластина | товщина | 5,00 | 4,84-4,92 | 0,08-0,16 | 1,6-3,2 |
| | довжина | 84,90 | 84,85-84,88 | 0,02-0,05 | 0,02-0,05 |
| | висота | 41,50 | 41,46-41,48 | 0,02-0,04 | 0,04-0,1 |
| Кришка задня | товщина | 15,10 | 14,98 | 0,12 | 0,8 |
| Кришка передня | товщина | 15,12 | 15,02 | 0,10 | 0,6 |
| Статор | діаметр | 105,07 | 105,09 | 0,02 | 0,01 |
| Ротор | діаметр | 88,03 | 88,03 | — | — |

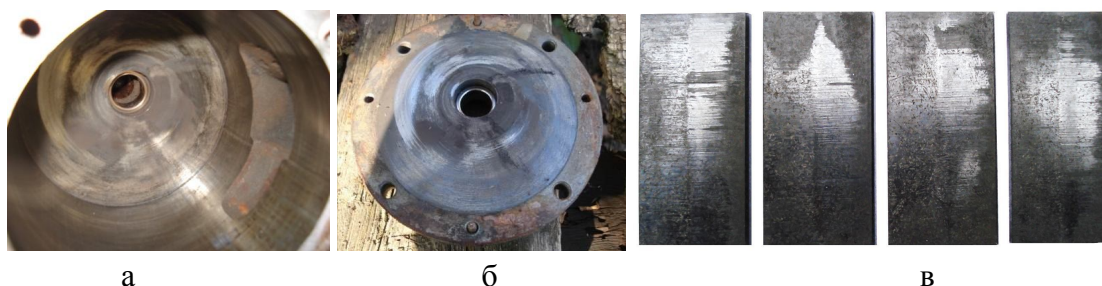


Рис. 3. Деталі досліджуваного вакуумного насоса (а, б, в) після виробничих випробувань у складі індивідуальної доїльної установки: а – задня кришка; б - статор та передня кришка; в – пластини

Висновки

За проведеним аналізом фактичного рівня надійності ротаційного пластинчатого вакуумного насоса по всім типам відмов встановлено, що у вакуумного насоса в межах 1380-1840 годин виникає найбільша кількість відмов, які не пов'язані із зносом пластин. Отримані дані про типові відмови ротаційного пластинчатого вакуумного насоса дають змогу стверджувати, що прогнозований ресурс роботи пластин з експериментального матеріалу складе близько 10000 годин.

Список літератури

1. Захарин А.В. Повышение эффективности работы вакуумного насоса пластинчатого типа / А.В. Захарин // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – №6. – С. 16-18.

2. Пат. 47930 А Україна, МПК (2006) C08L 61/00, C08K 7/00, C08K 13/00, F16C 33/16 (2006.01). Полімерна композиція / О.І. Буря, В.Ю. Дудін, О.Д. Деркач, Ю.П. Фесенко, В.М. Прокоп'єв; заявник і патентовласник О.І. Буря, Ю.П. Фесенко, В.М. Прокоп'єв. – № 2001 117715; заявл. 15.07.2002; опубл. 15.07.2002, Бюл. №7, 2002 р
3. Burya A.I. Investigation of friction and wear of polymer compression materials based on phenol-formaldehyde resin / A.I. Burya, V.Yr. Dudin // 6th International Symposium INSYCONT'02 "NEW ACHIEVEMENTS in TRIBOLOGY", September 19th-21st, Cracow, Poland. – P. 243-250
4. Пат. 46831 Україна, МПК (2009) F04C 2/00. Вакуумний пластинчасто-роторний насос / А.О. Парієв, С.І. Павленко, С.В. Дубовенко, В.Ю. Дудін; заявник і патентовласник Ін-т мех. тв-ва УААН. – № u 2009 06676; заявл. 25.06.2009; опубл. 11.01.2010, Бюл. №1, 2010 р.
5. Погорельый Л. В. Испытания сельскохозяйственной техники: научно-методические основы оценки и прогнозирования надежности сельскохозяйственных машин / Л. В. Погорельый, В.Я. Анилович – К.: «Феникс», 2004. – 208 с.

References

1. Zaharin A.V. Povyshenie jeffektivnosti raboty vakuumnogo nasosa plastinchatogo tipa / A.V. Zaharin // Tehnika v sel'skom hozjajstve. – 2011. – №6. – S. 16-18.
2. Пат. 47930 А Україна, МПК (2006) C08L 61/00, C08K 7/00, C08K 13/00, F16C 33/16 (2006.01). Polimerna kompozicija / O.I. Burja, V.Ju. Dudin, O.D. Derkach, Ju.P. Fesenko, V.M. Prokop'ev; zajavnik i patentovlasnik O.I. Burja, Ju.P. Fesenko, V.M. Prokop'ev. – № 2001 117715; zajavl. 15.07.2002; opublik. 15.07.2002, Bjul. №7, 2002 r
3. Burya A.I. Investigation of friction and wear of polymer compression materials based on phenol-formaldehyde resin / A.I. Burya, V.Yr. Dudin // 6th International Symposium INSYCONT'02 "NEW ACHIEVEMENTS in TRIBOLOGY", September 19th-21st, Cracow, Poland. – P. 243-250
4. Пат. 46831 Україна, МПК (2009) F04C 2/00. Vakuumnij plastinchasto-rotornij nasos / A.O. Pariev, S.I. Pavlenko, S.V. Dubovenko, V.Ju. Dudin; zajavnik i patentovlasnik In-t meh. tv-va UAAN. – № u 2009 06676; zajavl. 25.06.2009; opublik. 11.01.2010, Bjul. №1, 2010 r.
5. Pogorelyj L. V. Ispytanija sel'skohozjajstvennoj tehnik: nauchno-metodicheskie osnovy ocenki i prognozirovanija nadezhnosti sel'skohozjajstvennyh mashin/ L. V. Pogorelyj, V.Ja. Anilovich – К.: «Feniks», 2004. – 208 s.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РОТАЦИОННОГО ПЛАСТИНЧАТОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Аннотация: проведено обоснование выбора полимерного композиционного материала, как конструкционного для изготовления пластин роторного вакуумного насоса. Ресурсные испытания и оценку фактического уровня надежности вакуумного насоса, укомплектованного пластинами из экспериментального материала, проводили в составе индивидуальных доильных установок в частных хозяйствах населения. Установлены основные показатели надежности – вероятность безотказной работы $P(t)$, интенсивность отказов $\lambda(t)$, плотность отказов $f(t)$ и наработка на отказ t_0 . Полученные данные о типичных отказах исследуемого вакуумного насоса свидетельствуют о том, что прогнозируемый ресурс работы пластин из экспериментального материала составит около 10000 часов.

Ключевые слова: пластина, надежность, износ, наработка.

IMPROVING THE RELIABILITY OF ROTARY VANE VACUUM PUMP OF INDIVIDUAL MILKING MACHINES

Summary: the rationale for the choice of polymer composite material, construction for production of rotary vacuum pump vanes. Endurance testing and evaluation of the actual level of reliability of the vacuum pump, equipped with vanes from experimental material was performed at the individual milking equipment in private households. The basic parameters of reliability is the probability $P(t)$, the failure rate $(R t)$, the density of failures $f(t)$ and MTBF t_0 . The obtained data about typical failures investigated vacuum pump indicate that the projected lifetime of the vanes of the experimental material will be approximately 10000 hours.

Keywords: vane, reliability, wear, operating hours.