

УДК 621.43-2.004

А.А. Дудников, А.И. Беловод А.А. Келемеш
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА
ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ БРОНЗОВЫХ ОПОРНЫХ ВТУЛОК РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ
ВАЛОВ

Получены математические модели изменения износов по внутреннему и наружному диаметрам опорных втулок с виброупрочнением рабочей поверхности.

Ключевые слова: надёжность, вибрационное упрочнение, математическая модель, поверхность отклика. Форм. 8. Рис. 3. Табл. 1. Лит. 1.

А.А. Дудніков, О.І. Біловод, А.О. Келемеш
ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ
БРОНЗОВИХ ОПОРНИХ ВТУЛОК РОЗПОДІЛЬЧИХ ВАЛІВ.

Одержані математичні моделі зміни зносу по внутрішньому та зовнішньому діаметрам опорних втулок з віброзміцненням робочої поверхні.

Ключові слова: надійність, вібраційне зміцнення, математична модель, поверхня відгуку.

A. Dudnikov, A. Belovod, A Kelemesh
IMPACT PARAMETER VIBRATION RESISTANCE TREATMENT ON BRONZE
BEARING BUSHES CAMSHAFTS

The mathematical model of change of wear on the inner and outer diameters of the bearing bushes with vibration hardening work surface.

Keywords: reliability, vibration hardening, mathematical model, the response surface.

Постановка проблеми. Обусловлена необходимостью разработки и применения эффективного метода повышения надёжности бронзовых деталей сельскохозяйственной техники путём использования упрочняющих обработок их рабочих поверхностей [1].

Актуальными являются исследования по определению оптимальных значений параметров технологического процесса вибрационной обработки бронзовых деталей при их восстановлении, обеспечивающих необходимую надёжность и долговечность.

Анализ основных исследований. Исследование новых технологических процессов при изготовлении и восстановлении деталей способствует повышению надёжности сельскохозяйственных машин и агрегатов. Недостаточная их надёжность вызывает значительный рост затрат на восстановление и эксплуатацию. Анализ особенностей сельскохозяйственных машин показывает, что в их конструкциях применяется достаточно большое количество деталей из цветных металлов и сплавов, так как они обладают высоким антифрикционным свойствами, коррозионной стойкостью, выдерживают значительные удельные нагрузки и высокие скоростные режимы. Например, в тракторах серии Т-150 используется более 30 бронзовых втулок, которые устанавливаются в различных узлах, таких как: рама, трансмиссия, двигатель и т.д.

Анализ литературных источников и передового опыта восстановления указанных деталей показывает что применение методов (детонационное напыление, диффузионная металлизация, центробежная заливка, плазменное напыление, электроконтактная приварка порошковых материалов) отличаются сложностью и высокой стоимостью применяемого оборудования и не нашли пока широкого применения в ремонтном производстве.

Цель исследования. Целью исследования является определение оптимальных параметров вибрационной обработки и их влияние на износостойкость бронзовых опорных втулок распределительных валов.

Результаты исследований. Для экспериментального подтверждения рассмотренных теоретических предпосылок по целесообразности использования вибрационной технологии определены следующие конструктивно-режимные параметры упрочнения: амплитуда A , частота колебаний рабочего инструмента (пуансона) n и угол уклона пуансона β .

Экспериментальные исследования проводили в соответствии с существующей методикой, которые имели цель изучить влияние параметров вибрационного упрочнения на качественные показатели.

В качестве параметров оптимизации при многофакторном эксперименте выбраны износы по наружному диаметру ΔD и внутреннему диаметру Δd опорных втулок с виброупрочнением рабочей поверхности и восстановленных обычной задачей.

Результаты проведенных экспериментальных исследований с учётом факторов, указанных в матрице планирования многофакторного эксперимента, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований вибрационного упрочнения

Номер опыта	Амплитуда рабочего органа A , мм	Частота колебаний рабочего органа n , мин ⁻¹	Угол уклона пунсона β , град.	Величина износа I , мм			
				варианты втулок			
				вибрационное деформирование		обычное деформирование	
				ΔD_1	Δd_1	ΔD_2	Δd_2
1	0,5	700	8	0,058	0,038	0,095	0,060
2	0,5	700	9	0,042	0,042	0,070	0,066
3	0,5	700	10	0,039	0,031	0,064	0,049
4	0,5	1400	8	0,050	0,035	0,083	0,053
5	0,5	1400	9	0,039	0,032	0,065	0,051
6	0,5	1400	10	0,043	0,033	0,072	0,052
7	0,5	2100	8	0,055	0,037	0,092	0,058
8	0,5	2100	9	0,038	0,031	0,064	0,049
9	0,5	2100	10	0,042	0,032	0,070	0,050
10	1,0	700	8	0,044	0,034	0,073	0,054
11	1,0	700	9	0,038	0,033	0,063	0,052
12	1,0	700	10	0,045	0,032	0,075	0,051
13	1,0	1400	8	0,041	0,030	0,068	0,047
14	1,0	1400	9	0,043	0,031	0,072	0,049
15	1,0	1400	10	0,039	0,032	0,065	0,051
16	1,0	2100	8	0,050	0,034	0,082	0,054
17	1,0	2100	9	0,043	0,033	0,091	0,053
18	1,0	2100	10	0,045	0,037	0,074	0,052
19	1,5	700	8	0,056	0,037	0,093	0,058
20	1,5	700	9	0,044	0,034	0,073	0,055
21	1,5	700	10	0,042	0,031	0,071	0,050
22	1,5	1400	8	0,038	0,034	0,064	0,053
23	1,5	1400	9	0,036	0,032	0,060	0,052
24	1,5	1400	10	0,039	0,033	0,065	0,053
25	1,5	2100	8	0,049	0,035	0,082	0,054
26	1,5	2100	9	0,041	0,030	0,068	0,048
27	1,5	2100	10	0,045	0,034	0,076	0,053

В результате проведения регрессивного анализа с помощью программы Statistica 6.0 получены следующие уравнения взаимосвязи основных параметров вибрационного упрочнения:

– износ ΔD_1 опорных втулок с виброупрочнением рабочей поверхности:

$$\Delta D_1 = 0,5057 - 0,0107x_1 - 2,5 \cdot 10^{-5}x_2 - 0,09545x_3 + 0,0044x_1^2 + 9,1 \cdot 10^{-9}x_2^2 + 0,0051x_3^2; \quad (1)$$

– износ Δd_1 опорных втулок с виброупрочнением рабочей поверхности:

$$\Delta d_1 = 0,1126 - 0,0097x_1 - 1,1 \cdot 10^{-5}x_2 - 0,0141x_3 + 0,0042x_1^2 + 3,5 \cdot 10^{-9}x_2^2 + 0,0007x_3^2; \quad (2)$$

– износ ΔD_2 опорных втулок восстановленных обычной раздачей:

$$\Delta D_2 = 0,6513 - 0,0030x_1 - 4,5 \cdot 10^{-5}x_2 - 0,1176x_3 + 0,0002x_1^2 + 1,7 \cdot 10^{-8}x_2^2 + 0,0062x_3^2; \quad (3)$$

– износ Δd_2 опорных втулок восстановленных обычной раздачей:

$$\Delta d_2 = 0,0960 - 0,0182x_1 - 1,6 \cdot 10^{-5}x_2 - 0,0037x_3 + 0,0084x_1^2 + 5,0 \cdot 10^{-9}x_2^2 + 0,0001x_3^2, \quad (4)$$

где x_1 – фактор амплитуды рабочего органа; x_2 – фактор частоты колебания рабочего органа; x_3 – фактор угла уклона пуансона.

Значения коэффициентов корреляции R и детерминации R^2 получены в результате расчётов в программе Statistica 6.0. Коэффициенты корреляции ($R = 0,77 \dots 0,91$) свидетельствуют о высокой степени взаимосвязи между результативными и факторными показателями. Влияние данных факторов на результативные показатели уравнений составляют 59...83 %, что обусловлено соответствующими коэффициентами детерминации R^2 (0,59-0,83). Значения t -критериев существенно превышают критические для совокупностей (2,59), а уровни значимостей (p -level) значительно ниже 0,05, что подтверждает надёжность моделей.

Получаем математические модели изменения износов по диаметрам ΔD и Δd опорных втулок с виброупрочнением рабочей поверхности и восстановленных обычной раздачей:

$$\Delta D_1 = 0,5057 - 0,0107A - 2,5 \cdot 10^{-5}n - 0,0954\beta + 0,0044A^2 + 9,1 \cdot 10^{-9}n^2 + 0,0051\beta^2; \quad (5)$$

$$\Delta d_1 = 0,1126 - 0,0097A - 1,1 \cdot 10^{-5}n - 0,0141\beta + 0,0042A^2 + 3,5 \cdot 10^{-9}n^2 + 0,0007\beta^2; \quad (6)$$

$$\Delta D_2 = 0,6513 - 0,0030A - 4,5 \cdot 10^{-5}n - 0,1176\beta + 1,6533A^2 + 1,77 \cdot 10^{-7}n^2 + 0,0062\beta^2; \quad (7)$$

$$\Delta d_2 = 0,0960 - 0,0182A - 1,6 \cdot 10^{-5}n - 0,0037\beta + 0,0084A^2 + 5,0 \cdot 10^{-9}n^2 + 0,0001\beta^2. \quad (8)$$

Уравнения регрессий (5-8) дают возможность графически построить поверхности откликов зависимости величины износа от угла уклона пуансона β , амплитуды A и частоты колебаний рабочего органа n . На рис. 1-3 показаны поверхности откликов для опорных втулок, восстановленных с виброупрочнением рабочей поверхности.

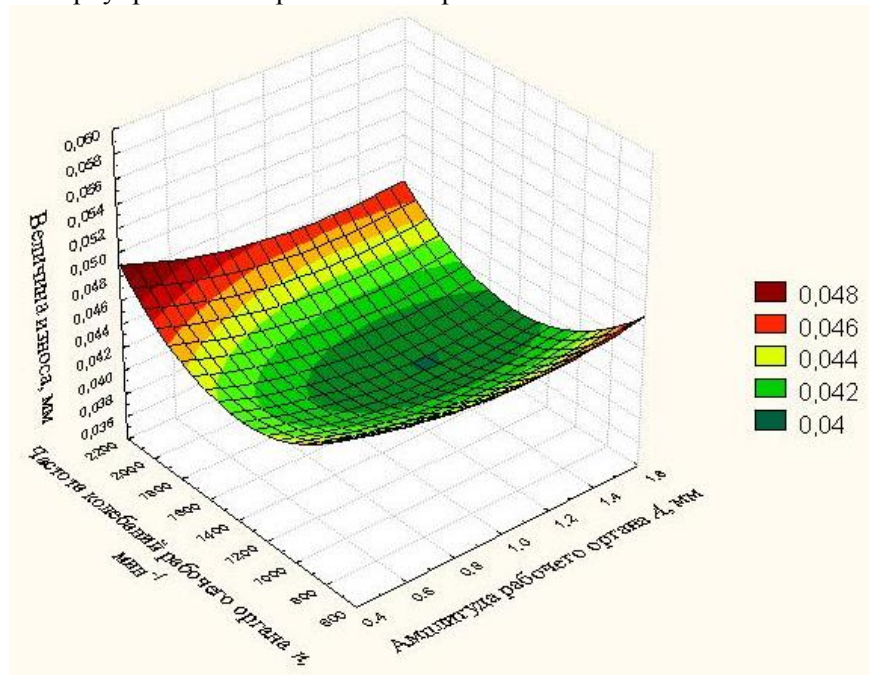


Рис. 1. Поверхность отклика зависимости величины износа ΔD_1 от амплитуды A и частоты n колебаний рабочего органа

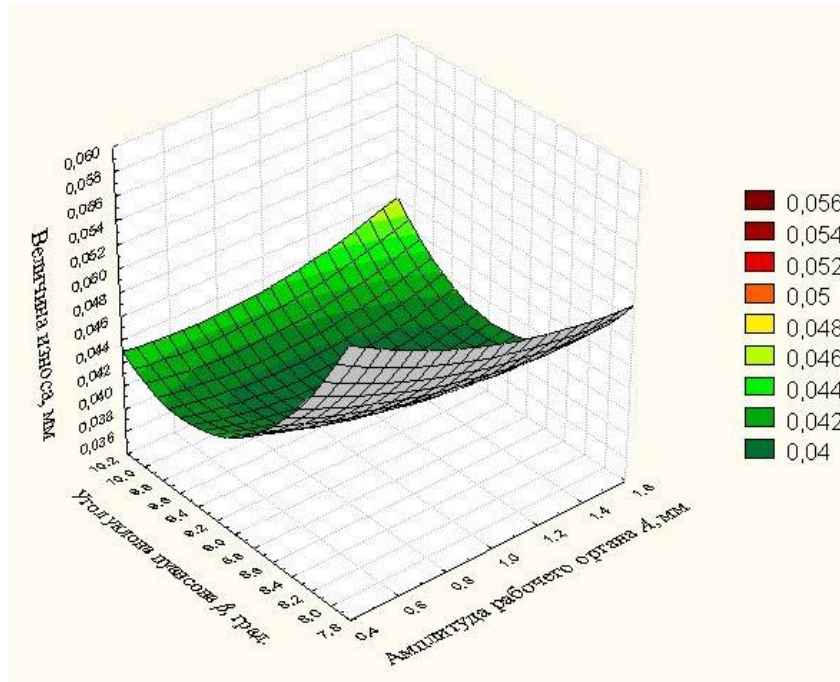


Рис. 2. Поверхность отклика зависимости величины износа ΔD_1 от угла уклона пуансона β и амплитуды A рабочего органа

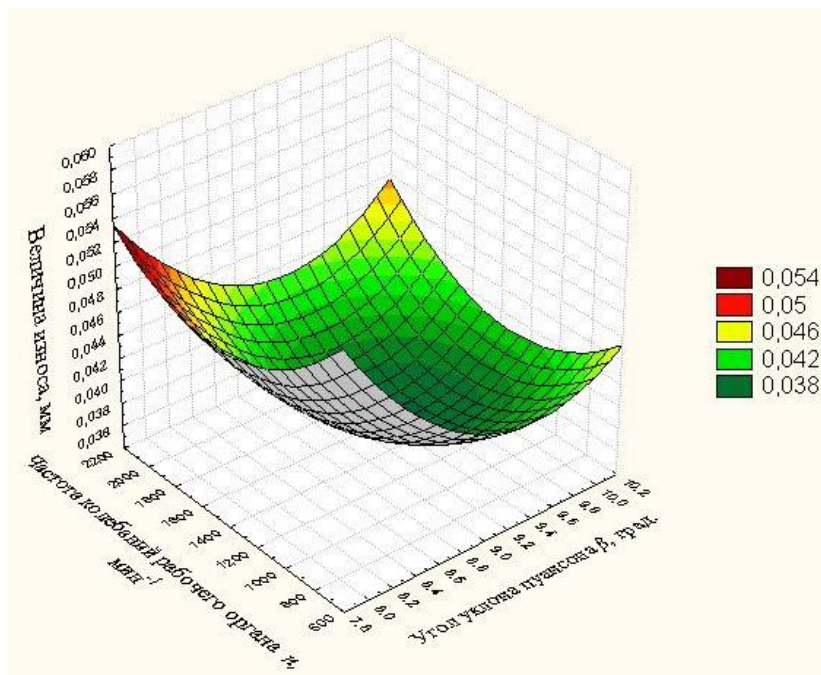


Рис. 3. Поверхность отклика зависимости величины износа ΔD_1 от угла уклона пуансона β и частоты n колебаний рабочего органа

Выводы. На основании исследования на экстремумы полученных поверхностей установлено, что оптимальными режимами вибрационного упрочнения являются: частота колебаний рабочего органа $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$; амплитуда рабочего органа $A = 1,0 \text{ мм}$; угол уклона пуансона $\beta = 9^\circ$.

1. Дудніков А.А. Проектування технологічних процесів сервісних підприємств / А.А. Дудніков, П.В. Писаренко, О.І. Біловод, І.А. Дудніков, О.П. Ківшик. – Вінниця, Наукова книга, 2011. – 400 с.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2013.