

УДК 621.515.004.6

ОЦІНКА ЗНОСІВ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОКОМПРЕСОРА «ВІСЬ РОТОРА – ПІДШИПНИК»

Дашивець Г.І., к.т.н.,

Новік О.Ю., інж.,

Паніна В.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-20-74

Анотація – роботу присвячено встановленню кількісних характеристик і законів розподілу зносів робочих поверхонь з'єднання деталей турбокомпресора «вісь ротора – підшипник», обґрунтуванню можливості застосування різних способів відновлення поверхонь.

Ключові слова – турбокомпресор, вісь ротора, підшипник, знос, закон розподілу, методи відновлення.

Постановка проблеми. Ефективність використання більшості видів техніки сільськогосподарського призначення значною мірою залежить від потужності їх двигунів. Одним зі способів форсування двигунів є застосування турбонаддуву, для чого використовуються турбокомпресори. Підвищення надійності двигунів можна досягти підтриманням і відновленням роботоздатності турбокомпресорів.

Основними чинниками відмов турбокомпресора в процесі експлуатації є нефільтроване або забруднене повітря, забруднення або недостатня кількість мастила, неякісне паливо й дозування його в циліндри, потрапляння сторонніх предметів у компресорну й турбінну частину [1]. Ці чинники призводять до збільшення радіальних та осьових зазорів в з'єднаннях деталей турбокомпресора і досягнення їх граничних значень.

Турбокомпресор є високотехнологічною конструкцією, прецизійним агрегатом, допуски на виготовлення та деформацію деталей якого знаходяться в межах 5 мкм [2]. Головною проблемою при ремонті турбокомпресорів є відновлення ротора зі спрацьованими робочими поверхнями. Тому для статистичної оцінки зносів була вибрана саме ця деталь.

Вал ротора може мати такі дефекти: спрацювання канавок під ущільнювальні кільця, тріщини на валу ротора, спрацювання опорних поверхонь під підшипники, спрацювання чи пошкодження різьби і

шпонкової канавки, спрацювання поверхні під масловідбивач і колесо компресора [3]. Вал у зборі з колесом турбіни вибраковують при тріщинах, зломах колеса турбіни, оплавленні дисків і лопаток або слідах чіплення колеса за нерухомі деталі.

Найбільш поширеним способом ремонту турбокомпресорів є заміна спрацьованих деталей на нові стандартного розміру через відсутність ефективних способів відновлення, спеціального обладнання.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженню процесів ремонту й відновлення турбокомпресорів дизельних двигунів присвячені праці Байкова Б.П., Власкіна В.В., Лямцева Б.Ф., Міхаліна П.А., Ханина Н.С., ін. Для обґрунтування способів, що відновлюють спрацьовані робочі поверхні деталей турбокомпресора, необхідно проаналізувати і оцінити їх зноси. Процесам тертя і зношування, визначенню теоретичних залежностей для розрахунку кількісних значень зносів з'єднань деталей машин присвячені наукові праці вчених Крагельського І.В., Пронікова О.С., Кряжкова В.М., ін.

Формулювання цілей статті. Заміна при ремонті зношених деталей, складальних одиниць турбокомпресора на нові є швидким ремонтом, але вимагає значних ресурсів для придбання запасних частин. Для визначення можливості застосування різних способів відновлення поверхонь, виконання їх техніко-економічної оцінки необхідно встановити кількісні та якісні характеристики, а також закони розподілу зносів робочих поверхонь деталей.

Основна частина. Розміри деталей турбокомпресорів, зазори в їх з'єднаннях розглядалися як безперервні випадкові величини, для оцінки яких використовувались методи статистичної обробки [4]. Кількість дослідів визначалась, виходячи з потрібної точності результату вимірювання: довірча ймовірність була прийнята рівною 0,95, а довірчий інтервал не перевищував 5%. Точність і достовірність експериментальних досліджень залежать від змінності признаку, який характеризується коефіцієнтом варіації; точності визначення середніх значень, що характеризується допустимою похибкою; вибраною довірчою ймовірністю.

Для визначення зносів деталей з'єднання «вал ротора – підшипник», законів розподілу розмірів їх поверхонь були виконані заміри деталей турбокомпресорів, які надійшли до ремонту.

Відновлюваною частиною ротора є вал. Вал складається з робочих поверхонь під підшипник ковзання та з'єданого зварюванням тертям колеса турбіни.

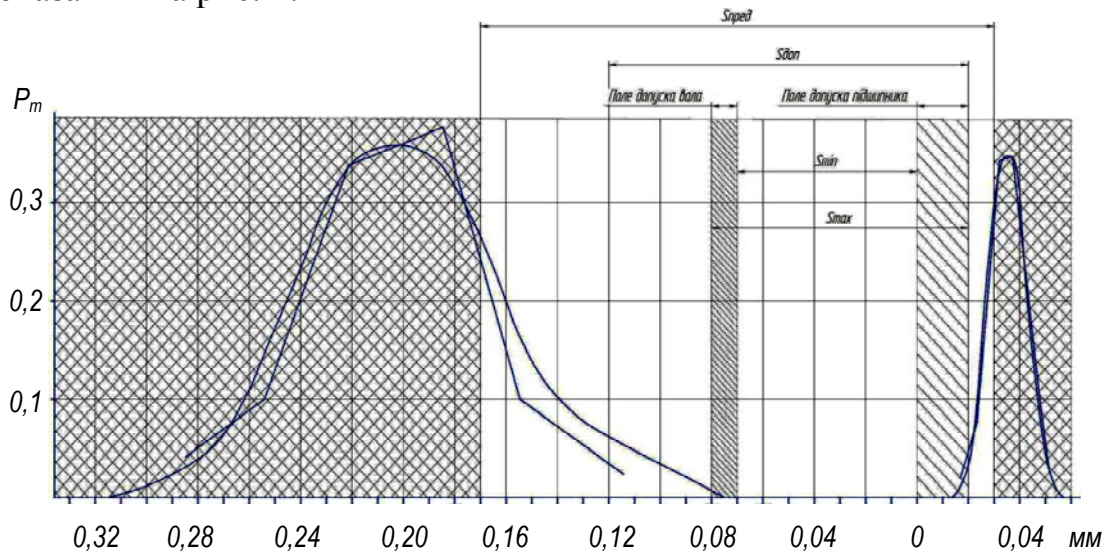
Вал ротора виготовляють зі сталі 40Г, втулку валу – з бронзи БР.01-С-01. Розміри по кресленню валу ротора – $18_{-0,08}^{-0,07}$ мм, підшипника – $18^{+0,019}$ мм, зазор по кресленню – 0,027-0,07 мм,

допустимий зазор – 0,14 мм.

Для опорних поверхонь валів ротора під підшипники були визначені основні статистичні характеристики: середнє значення розмірів – 17,8 мм, середній квадратичний відхил – 0,037 мм, коефіцієнт варіації – 0,325 зі статистичною перевіркою гіпотез про нормальний закон розподілу на основі критеріїв узгодження Пірсона ($\chi^2 = 1,25$).

Аналогічно виконувалась обробка інформації про внутрішні діаметри підшипників, статистичні характеристики яких склали: середнє значення розмірів – 18,035 мм, середній квадратичний відхил – 0,005 мм, коефіцієнт варіації – 0,34, розподіл діаметрів за нормальним законом, критерій узгодження Пірсона $\chi^2 = 1,32$ з вірогідністю співпадання 27%.

Розподіл діаметрів деталей з'єднання «вал ротора – підшипник» показаний на рис. 1.



$S_{\text{ПРЕД}}$ – граничний розмір зазору, мм; $S_{\text{ДОП}}$ – допустимий розмір зазору, мм; S_{min} , S_{max} – мінімальне і максимальне значення поля допуску з'єднання деталей, мм

Рис. 1. Експериментальні й теоретичні криві розподілу діаметрів деталей з'єднання «вал ротора – підшипник» турбокомпресора ТКР 11Н-1

Аналізуючи розподіл діаметрів деталей з'єднання «вал ротора – підшипник» турбокомпресору ТКР 11Н-1 (рис. 1) можна зробити висновок, що розміри 12% валів при дефектації виявляються придатними для подальшої експлуатації. 35% деталей, діаметри яких не зменшились нижче 17,8 мм, можуть бути відновлені під ремонтний розмір. Всі інші вали, коли колесо турбіни в задовільному стані, можна відновити до номінального розміру.

Залежно від характеру дефекту, всі способи відновлення можна

поділити на дві групи: вали ротора зі спрацьованими робочими поверхнями і вали з механічними пошкодженнями.

Метод ремонтних розмірів – це механічна обробка (шліфування) робочих поверхонь валів роторів турбокомпресорів. Відновлюються дефекти геометричної форми під раніше встановлений розмір. При цьому механічна обробка не повинна призвести до ліквідації термічно обробленого поверхневого шару деталі. У вала дефекти поверхні усуваються механічною обробкою до ремонтного розміру, а підшипник замінюється на нову відповідного розміру. У цьому випадку з'єднанню буде повернена первинний зазор.

В теперішній час накопичений значний досвід відновлення роторів турбокомпресорів. До технологічного процесу повинні бути включені способи відновлення, які забезпечать необхідний рівень експлуатаційних властивостей відновлених деталей. До способів відновлення валу зі спрацьованими поверхнями належать гальванічне нарощування (залізнення, хромування), електроіскровий спосіб нарощування, механічна обробка [2]. Механічні пошкодження валу ротора усуваються пластичною деформацією.

Враховуючи можливість відновлення шийок валу декількома способами був обґрунтований раціональний спосіб відновлення, вибір якого залежить від конструктивно-технологічних особливостей деталі, умов її роботи, величини зносу, ін. Спосіб відновлення шийок валу ротора визначався методом багатокритеріального вибору, який полягає в застосуванні інтегрального критерію відстані до цілі [5]. Мінімальне значення відстані до потенційно можливого найкращого значення, тобто найбільш наближеним до ідеального був електроіскровий спосіб.

При застосуванні електроіскрового методу вал ротора відновлюють середньо- або високовуглецевими сталями в механізованому режимі на спеціальних установках. Метод дає змогу підвищити мікротвердість поверхонь пари тертя «вал ротора – підшипник», зменшити інтенсивність зношування, тим самим створити умови для збільшення міжремонтного ресурсу.

Висновки. Виконані дослідження дозволили встановити, що однією з слабких ланок є з'єднання «вал ротора – підшипник», довговічність якої визначає ресурс турбокомпресора. На основі мікрометражних даних були визначені основні статистичні характеристики, побудовані експериментальні й теоретичні криві розподілу діаметрів деталей з'єднання «вал ротора – підшипник», встановлені закони розподілу розмірів. Аналіз зазорів у з'єднанні показав, що частину валів можна відновити механічною обробкою під ремонтний розмір при заміні втулки, а для іншу частину – електроіскровим методом.

Література

1. *Савельев Г.М.* Опыт доводки и производства турбокомпрессоров автомобильных дизелей: учеб. пособие для институтов повышения квалификации / Г.М. Савельев, Б.Ф. Лямцев, Э.В. Аболтин. – М.: НАМИ, 1995. – 94 с.
2. Ремонт дизельних двигунів: довідник / за ред. *Л.С. Єрмолова*. – К.: Урожай, 1991. – 248 с.
3. Турбокомпрессоры тракторных и комбайновых дизелей: Технические требования на капитальный ремонт. – М.: ГОСНИТИ, 1988. – 54 с.
4. Надійність сільськогосподарської техніки: підручник / за заг. ред. *М.І. Черновола*. – Кіровоград: КОД, 2010. – 320 с.
5. *Нагірний Ю.П.* Обгрунтування інженерних рішень / Ю.П. Нагірний. – К.: Урожай, 1994. – 138 с.

ОЦЕНКА ИЗНОСОВ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОКОМПРЕССОРА «ОСЬ РОТОРА – ПОДШИПНИК»

Дашивец Г.И., Новик А.Ю., Панина В.В.

Аннотация – работа посвящена установлению количественных характеристик и законов распределения износов рабочих поверхностей соединения деталей турбокомпрессора «ось ротора – подшипник», обоснованию возможности применения различных способов восстановления поверхностей.

Ключевые слова – турбокомпрессор, ось ротора, подшипник, износ, закон распределения, методы восстановления.

EVALUATION OF WEARS OF WORKING SURFACES OF CONNECTION OF DETAILS OF TURBOCOMPRESSOR A "AXIS OF ROTOR – BEARING"

Dashivets G., Novik A., Panina V.

Summary – work is devoted establishment of quantitative descriptions and laws of distributing of wears of workings surfaces of connection of details of turbocompressor a «axis of rotor is bearing», to the ground of possibility of application of different methods of proceeding in surfaces.

Keywords are a turbocompressor, axis of rotor, bearing, wear, distributing law, methods of renewal.