

УДК 669.1

Сахаров Б. А.,
к.т.н. Ульяницкий В. Н.,
к.т.н. Левченко Э. П.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР),
к.т.н. Бурцев Г. Г.
(ЛНАУ, г. Луганск, ЛНР)

ИССЛЕДОВАНИЕ, АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ШПИНДЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ РАБОЧИХ КЛЕТЕЙ 1250 И 1300

Проведены исследования надежности шарниров клетей 1250 и 1300 со стороны двигателей. Получены законы распределения отказов. В соответствии с полученными данными проведен сравнительный анализ конструкций шпиндельных соединений, а также дано обоснование целесообразности этих конструкций в зависимости от технического и экономического факторов.

Ключевые слова: надежность, отказ, шарнир, законы распределения отказов, шпиндельное соединение, прокатная клеть.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Одной из главных задач повышения надежности металлургического оборудования, в том числе тяжело нагруженных опор прокатных станов, является период безотказности его работы. Основным видом отказов при этом является выход из строя шарниров шпиндельных узлов в приводных линиях обжимных клетей.

Известны различные способы определения количественных показателей надежности [1], однако наиболее достоверные результаты дают стендовые лабораторные испытания или исследования оборудования в реальных условиях эксплуатации.

Исследование надежности металлургического оборудования при эксплуатации почти не поддается планированию и требует больших затрат времени на получение заданного объема однородных исходных данных. Отчасти обусловлено это тем, что фиксация отказов в технической документации ведется разными лицами. Преимущества этого способа — низкая цена испытаний и полное соответствие экспериментальных результатов условиям эксплуатации.

Методика определения количественных значений показателей надежности сводится к последовательному решению таких

задач: сбор данных, их анализ, установление вида закона отказов, степени близости эмпирического и теоретического распределения, вычисления параметров закона отказов и показателей надежности исследуемого изделия [2, 3].

Сведения об отказах получают в виде выборок из генеральной совокупности, представляющих собой полную историю эксплуатации машин. С увеличением объема выборки функция распределения исследуемого параметра приближается к функции его распределения для генеральной совокупности. Поэтому их значения можно получить из выборки лишь с некоторой вероятностью в виде оценки функции распределения генеральной совокупности как статистической функции распределения [1].

Постановка задачи. Задачей исследований является анализ и сравнение надежности конструкций шарнирных соединений шпиндельных устройств рабочих клетей 1250 и 1300 в условиях действующего производства.

Изложение материала и его результаты. Эффективность шарнирных соединений на подшипниках качения комбинированного шпиндельного соединения клетки 1300 оценивается гистограммой распре-

ления наработки на отказ (рис. 1), когда предварительно можно предположить, что для них свойственен нормальный закон распределения отказов [4, 5].

Данный закон характерен для времени возникновения отказов, вызванных старением на основе оценки надежности изделий при наличии постепенных (связанных с износом) отказов.

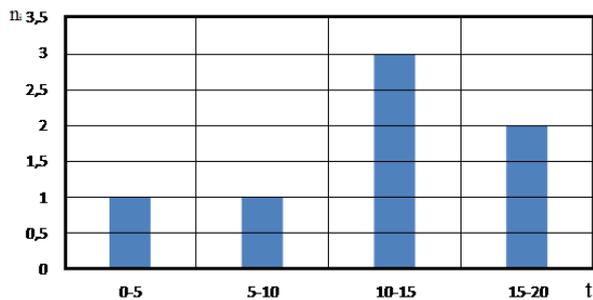


Рисунок 1 Периоды наработки на отказ

На рисунках 2–5 соответственно изображены функция распределения, вероятность безотказной работы, плотность распределения и интенсивность отказов шпиндельного шарнира на подшипниках качения.

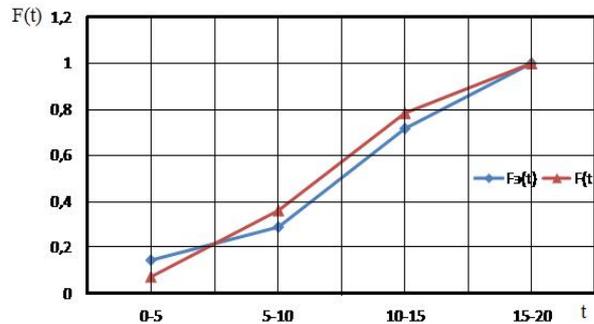


Рисунок 2 Функция распределения

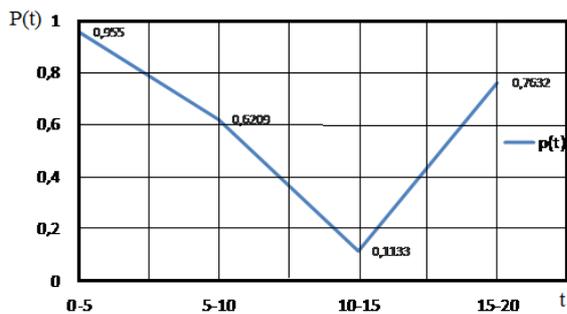


Рисунок 3 Вероятность безотказной работы

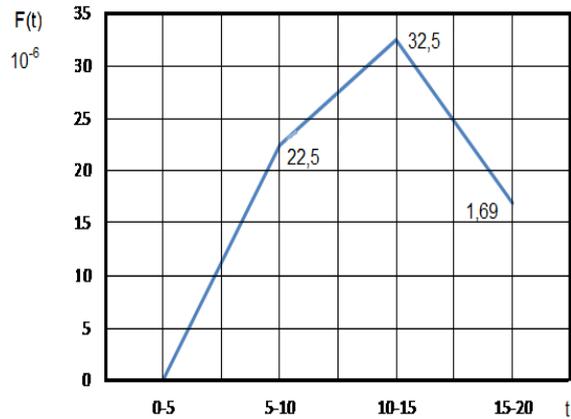


Рисунок 4 Плотность распределения

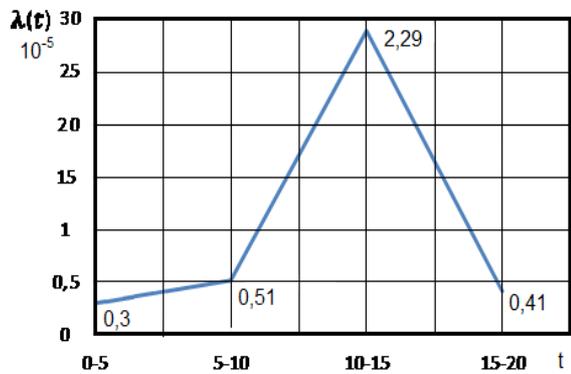


Рисунок 5 Интенсивность отказов

Статистическая обработка отказов привода и построение гистограммы показывают, что отказы шарнира на подшипниках качения распределяются по усеченному нормальному закону распределения.

Проведем оценку надежности универсальных шарниров на бронзовых вкладышах шпиндельного соединения клетки 1250.

На рисунке 6 представлена гистограмма распределения наработки на отказ этих шарниров. Предварительно можно предположить, что для шарниров на бронзовых вкладышах характерен экспоненциальный (показательный) закон распределения отказов [6]. Данный закон распределения отказов хорошо описывает надёжность техники, эксплуатируемой после окончания приработки и до существенного проявления постепенных отказов, т. е. в период нормальной эксплуатации, когда преобладают внезапные отказы [6].

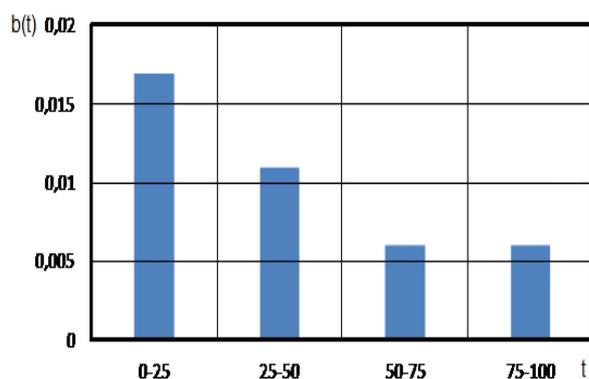


Рисунок 6 Гистограмма распределения наработки на отказ шарнира на подшипниках скольжения

На рисунках 7 и 8 соответственно изображены гистограмма распределения и кривая функции надежности шарнира $f(t)$ на бронзовых вкладышах.

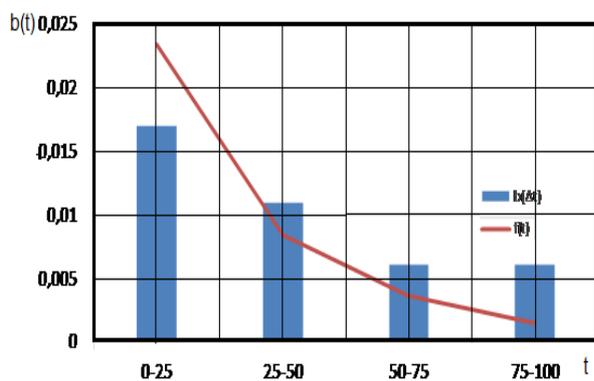


Рисунок 7 Гистограмма распределения и кривая функции $f(t)$

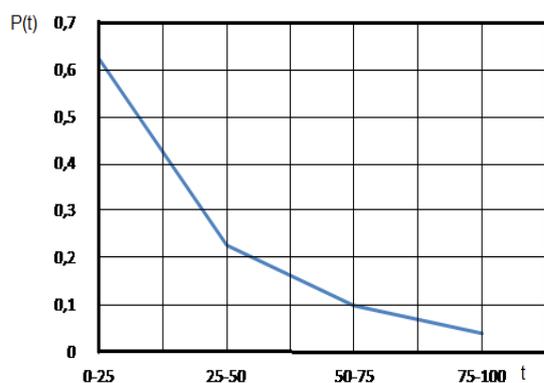


Рисунок 8 Функция надежности

Статистическая обработка результатов отказов привода и построение гистограммы показывают, что отказы распределяются по экспоненциальному (показательно-му) закону распределения.

Опираясь на проведенные исследования можно сделать вывод, что надежность универсального шарнира шпинделя на бронзовых вкладышах (со стороны привода) клетки 1250 неудовлетворительная, т. к. наблюдается тенденция к аварийным отказам шарнира. Это явствует из полученного экспоненциального закона распределения отказов шарнира на бронзовых вкладышах в процессе эксплуатации. Также с уверенностью можно сказать, что надежность комбинированного универсального шарнира на подшипниках качения (со стороны привода) клетки 1300 является удовлетворительной, на что указывает полученный нормальный закон распределения отказов шарнира на подшипниках качения в процессе эксплуатации.

Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод, что комбинированная конструкция шпиндельного соединения рабочей клетки 1300 более надежна, чем конструкция в клетке 1250.

Анализ основных положительных и отрицательных факторов сравниваемых шпиндельных соединений показал следующее.

Универсальный шпиндель на подшипниках скольжения отличается высокой прочностью шарнирных элементов и компактностью, однако обладает рядом недостатков:

- бронзовые вкладыши шарнира со стороны привода быстро изнашиваются, их замена производится не реже одного раза в три месяца (со стороны привода);
- как конструкционный материал бронза обладает высокой стоимостью. Кроме того, замена двух вкладышей со стороны привода четыре раза в год существенно повышает затраты на ремонт;
- в результате истирания контактных поверхностей вкладыша между ним и головкой шпинделя образуются дополни-

тельные увеличенные зазоры, что отрицательно влияет на качество поверхности прокатываемых листов;

- шарнир на бронзовых вкладышах не позволяет использовать рациональный и малозатратный метод смазывания через открытую конструкцию этого шарнира.

В то же время комбинированный универсальный шпиндель имеет такие положительные стороны:

- углы перекося в шарнирных головках могут изменяться в широких пределах (до 18°);

- удобство сборки и разборки, удобство ремонта;

- быстрое соединение с двигателем и простота эксплуатации;

- в подшипниковых узлах смазка удерживается более длительное время [7].

Выводы и направление дальнейших исследований.

Комбинированная конструкция шпиндельного соединения является предпочтительным вариантом и обладает более высокой надежностью в целом, чем конструкция шпиндельного соединения клетки 1250. Это подтверждено проведенными исследованиями.

Отсутствие дорогостоящих бронзовых часто заменяемых вкладышей не только снижает стоимость конструкции, но и способствует потерям производства из-за аварийных отказов шарнирных соединений рабочих клеток прокатного стана.

Библиографический список

1. Плахтин, В. Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин [Текст] / В. Д. Плахтин. — М.: Металлургия, 1983. — 414 с.
2. Шторм, Р. Теория вероятности и математическая статистика [Текст] / Р. Шторм. — М.: Мир, 1970. — 368 с.
3. Лапач, С. Н. Статистика в науке и бизнесе [Текст] / С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич. — К.: Морион, 2002. — 640 с.
4. Теоретические законы распределения отказов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.obzh.ru/nad/4-3.html>.
5. Критерий Пирсона [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://matstats.ru/pirs.html>.
6. Экспоненциальное распределение и его свойство [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.statistica.ru/theory/eksponentsialnoe-raspredelenie/>.
7. Продукция ЭЗТМ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.eztm.ru/products/sepun/shpindels/>.

© Сахаров Б. А.

© Ульяницкий В. Н.

© Левченко Э. П.

© Бурцев Г. Г.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф ММК ДонГТУ Харламовым Ю. А., д.т.н., проф., зав. каф. МОЗЧМ ДонНТУ Еронько С. П.

Статья поступила в редакцию 12.06.17.

Сахаров Б. О., к.т.н. Ульяницкий В. Н., к.т.н. Левченко Э. П. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР), к.т.н. Бурцев Г. Г. (ЛНАУ, м. Луганськ, ЛНР)

ДОСЛІДЖЕННЯ, АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯННЯ НАДІЙНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ШПИНДЕЛЬНОГО З'ЄДНАННЯ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ 1250 ТА 1300

Проведено дослідження надійності шарнірів клітей 1250 та 1300 зі сторони двигунів. Отримано закони розподілення відмов. У відповідності з отриманими даними проведено порів-

няльний аналіз конструкцій шпindelних з'єднань, а також дано обґрунтування доцільності цих конструкцій в залежності від технічного та економічного факторів.

Ключові слова: надійність, відмова, шарнір, закони розподілення відмов, шпindelне з'єднання, прокатна кліть.

Sakharov B.A., PhD Uliianitskiy V.N., PhD Levchenko E.P. (DonSTU, Alchevsk, LPR), PhD Burtsev G.G. (LNAU, Lugansk, LPR)

INVESTIGATION, ANALYSIS AND COMPARISON ON STRUCTURAL RELIABILITY OF THE SPINDLE JUNCTION OF WORKING STANDS 1250 AND 1300

Investigations on the reliability of the stands joints 1250 and 1300 on the motors side were carried out. The laws for failures distribution are obtained. According to the data obtained, a comparative analysis of the spindle joints structures has been made, and the feasibility of these structures has been justified depending on the technical and economic factors.

Key words: reliability, failure, hinge, failure distribution laws, spindle joint, rolling stand.