



УДК 621.31:621.771.06-88

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРОКАТНОГО СТАНА

Андрей Анатольевич Мальцев

к.т.н., доцент кафедр ФН-7 и МТ-10 МГТУ им Н.Э. Баумана

e-mail: a.a.mal@bmstu.ru

Юрий Иванович Беляков

к.т.н., доцент кафедры ФН-7 МГТУ им Н.Э. Баумана

e-mail: belpmm@mail.ru

Ирина Александровна Тарасенко

старший преподаватель кафедры ФН-7 МГТУ им Н.Э. Баумана

e-mail: iri-tarassenko@yandex.ru

Аннотация

В результате компьютерного анализа данных по износу вкладышей шарнира шпинделя первой чистовой клетки стана 2000 АО «Северсталь» методом экстраполяции выявлена тенденция развития износа вкладышей шпиндельных шарниров.

Ключевые слова: прокатка, вероятность, износостойкость, электропривод.

STUDY OF THE WEAR RESISTANCE OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE ROLLING MILL

Andrey A. Maltsev

associate professor, BMSTU ФН-7 and МТ-10 Departments

e-mail: a.a.mal@bmstu.ru

Yuri I. Belyakov

associate professor, BMSTU ФН-7 Department

e-mail: belpmm@mail.ru

Irina A. Tarasenko

senior lecturer, Bauman Moscow State Technical University

ФН-7 Department

e-mail: iri-tarassenko@yandex.ru

ABSTRACT

As a result of computer analysis of data on the wear of the spindle joint inserts of the first finishing stand of the mill 2000 of Severstal JSC, the trend of wear of the spindle joint inserts was revealed by the extrapolation method.

Keywords: rolling, probability, wear resistance, electric drive.

Введение

Объект исследования – групповой электропривод рабочих валков прокатного стана, состоящий из электродвигателя, двух соединительных муфт (моторной и коренной), двухступенчатого цилиндрического редуктора с раздвоенной косозубой быстроходной и прямозубой тихоходной передачами, шестеренной клетки с шевронными шестеренными валками, имеющими проточку посередине, и двух универсальных шпинделей (рис.1).

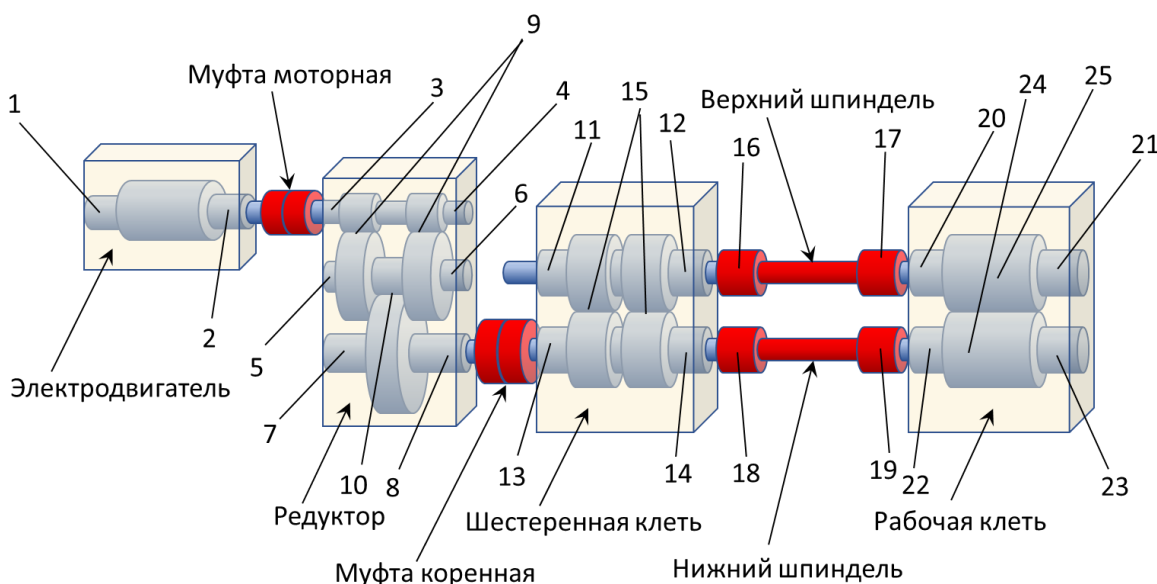


Рисунок 1. Электропривод [1] и его узлы трения:

- 1, 2 – подшипники ротора;
- 3, 4 – подшипники быстроходного вала-шестерни;
- 5, 6 – подшипники промежуточного вала-шестерни;
- 7, 8 – подшипники тихоходного вала;
- 9, 10 – зубчатые зацепления редуктора;
- 11, 12 – подшипники верхнего шестеренного вала;
- 13, 14 – подшипники нижнего шестеренного вала;
- 15 – зубчатые зацепления шестеренной клетки;
- 16, 17, 18, 19 – шарниры шпинделей;
- 20, 21, 22, 23 – подшипники рабочих валков;
- 24, 25 – бочки рабочих валков

Предмет исследования – износостойкость составных частей (деталей и узлов) электропривода рабочих валков и самих рабочих валков прокатного стана. Рабочие валки,

установленные на подшипниках внутри рабочей клетки, являются технологическим инструментом прокатного стана и не входят в состав электропривода, но должны быть отнесены к объекту исследования, поскольку подвержены интенсивному износу.

Для подвижных сопряжений элементов электропривода и отдельных пар трущихся друг о друга деталей выделены следующие виды механического изнашивания: абразивное изнашивание как результат взаимодействия поверхности детали с твердыми частицами; адгезионное изнашивание как результат сцепления поверхностей двух деталей на молекулярном уровне (заедание, схватывание); усталостное изнашивание как результат повторного деформирования микрообъемов материала поверхностей трущихся деталей, выраженный в возникновении усталостных трещин и отделении частиц; коррозионное изнашивание как результат воздействия на поверхность детали воды или другой коррозионно-активной среды; кавитационное изнашивание как результат движения поверхности детали относительно жидкости, выраженный в нарушении сплошности объема по причине образования заполненных жидкостью полостей; эрозийное изнашивание как результат многократных локальных импульсных ударов о поверхность детали твердых частиц, движущиеся в потоке жидкости или газа, что приводит к распылению и вымыванию поверхностного слоя детали.

Цель исследования – в рамках мероприятий по оценке вероятности безотказной работы электропривода рабочих валков прокатного стана [2, 3] требуется подтвердить износостойкость его деталей и узлов.

Задача исследования – в дополнение к прогнозу циклического ресурса шпиндельного вала электропривода рабочих валков прокатного стана [4, 5] подтвердить износостойкость вкладышей шпиндельных шарниров.

Материалы и методы исследования

Исходные данные – взятые из учебного пособия по курсу «Основы динамики и надежности прокатных станов» [6] данные по износу вкладышей шарнира шпинделя первой чистовой клетки стана 2000 АО «Северсталь»:

- ✓ износ вкладышей $U = 10$ мм (за один месяц);
- ✓ скорость изнашивания $\gamma = 7 \cdot 10^{-9}$ м/с ;
- ✓ интенсивность изнашивания $J = 2,7 \cdot 10^{-7}$.

Пусть по результатам исследований, проведенных в производственных условиях, построены три динамических ряда изменения величины износа U [мм] во времени t [день] (табл. 1 - 3).

Таблица 1.

Первый динамический ряд изменения величины износа U , мм

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_i	5	8	11	15	16	17	19	24	28	30
U_i	2,0	2,3	3,0	4,0	5,3	6,1	7,5	8,1	8,2	10,0

Таблица 2.

Второй динамический ряд изменения величины износа U , мм

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_i	2	4	9	12	19	21	23	25	27	30

U_i	1,0	1,5	1,8	2,0	3,6	5,3	6,9	8,3	9,4	10,0
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Таблица 3.

Третий динамический ряд изменения величины износа U , мм

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_i	1	2	3	5	7	12	14	15	20	30
U_i	2,7	7,7	5,1	7,4	5,6	9,0	9,1	6,9	10,0	4,6

Метод исследования износостойкости – метод экстраполяции из ГОСТ 23.225-99 «Обеспечение износостойкости изделий. Методы подтверждения износостойкости. Общие требования».

С математической точки зрения метод экстраполяции может быть применим для прогнозирования величины износа вкладышей шпиндельных шарниров потому, что период времени (один месяц), для которого построены динамические ряды, достаточно длителен для выявления тенденции развития износа в будущем. Кроме того, процесс изнашивания вкладышей обладает большой инерционностью, и для заметных изменений характеристик этого процесса требуется много времени. Авторами принято допущение об отсутствии аварийных и других производственных факторов, которые могли бы кардинально изменить общую тенденцию развития изнашивания.

Различают динамические ряды с устойчивой тенденцией, динамические ряды с неустойчивой тенденцией и ряды с отсутствием какой-либо тенденции.

Для подтверждения факта устойчивости или неустойчивости тенденции для каждого из трех динамических рядов вычислен коэффициент корреляции Пирсона по формуле

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{10} (t_i - \bar{t})(U_i - \bar{U})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{10} (t_i - \bar{t})^2 \sum_{i=1}^{10} (U_i - \bar{U})^2}}, \quad (1)$$

где

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{10} t_i}{10}; \quad \bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^{10} U_i}{10}. \quad (2)$$

Динамический ряд устойчив, если $R \geq 0,7$, и неустойчив, если $R < 0,7$;

при значении R , близком к нулю, корреляционная зависимость отсутствует.

Динамический ряд изменения величины износа вкладышей подлежит математическому описанию только в том случае, если он устойчив. Тренд ряда определяется визуально, для этого ряд необходимо графически представить в виде кривой.

Полученные результаты

По виду графика (рис. 2) можно предположить линейный тренд.

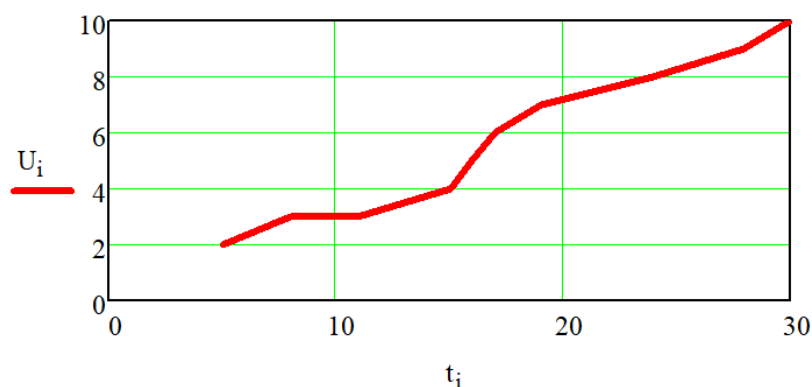


Рисунок 2. Графическое представление первого ряда: $R = 0,97 \geq 0,7$

По виду графика (рис. 3) можно предположить параболический тренд.

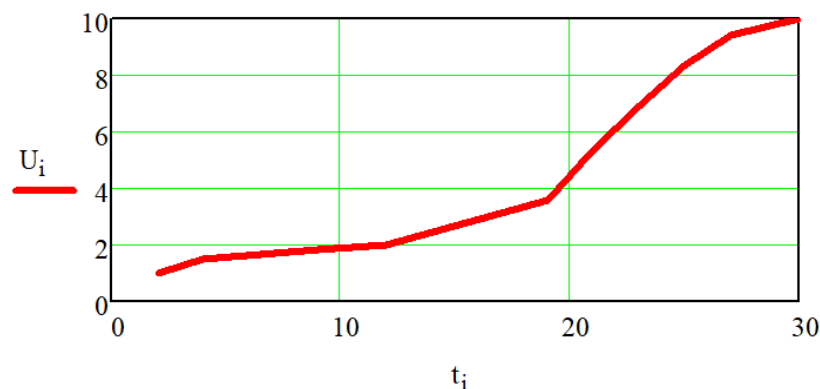


Рисунок 3. Графическое представление второго ряда: $R = 0,95 \geq 0,7$

Третий динамический ряд неустойчив (рис. 4):

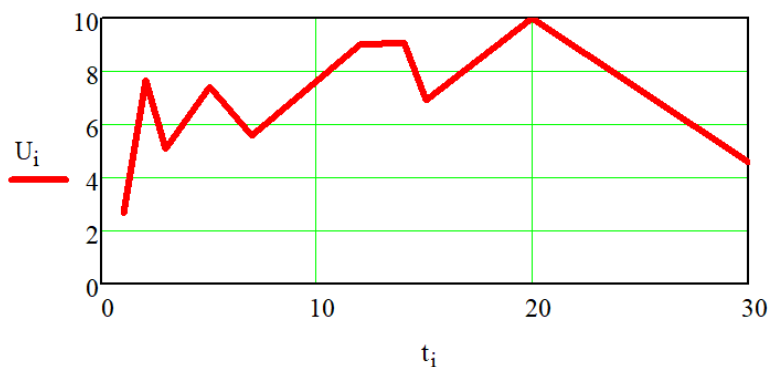


Рисунок 4. Графическое представление третьего ряда: $R = 0,23 < 0,7$

Выводы

1. Прогнозирование износостойкости деталей и узлов электропривода рабочих валков на стадии проектирования является важным шагом на пути повышения надежности всего прокатного оборудования [7, 8].
2. С целью подтверждения износостойкости шпиндельных шарниров было проведено исследование устойчивости динамических рядов изменения величины износа вкладышей.

3. Компьютерное исследование с применением метода экстраполяции выполнено в среде MathCAD, в результате для каждого ряда получено его графическое представление.

4. Подтвержден факт устойчивости первых двух динамических рядов, а третий ряд оказался неустойчивым, поэтому математическому описанию подлежат только первые два ряда.

5. Авторы планируют использовать метод экстраполяции для прогнозирования не только величины износа, но и всех других характеристик износостойкости, таких как коэффициент трения, скорость и интенсивность изнашивания.

Список литературы

1. Колесников А.Г., Яковлев Р.А., Мальцев А.А. Технологическое оборудование прокатного производства. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 158 с.
2. Мальцев А.А., Тронников А.И. Оценка вероятности безотказной работы электропривода прокатного стана. – [Электронный ресурс] Оригинальные исследования (ОРИС), 2020, № 10. – С. 149 – 155. – Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-10-2020/a230100>
3. Мальцев А.А., Тронников А.И. Оценка вероятности безотказной работы галтели рабочего вала по критерию циклической прочности. – [Электронный ресурс] Оригинальные исследования (ОРИС), 2020, № 9. – С. 102 – 109. – Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-9-2020/a230083>
4. Мальцев А.А., Беяков Ю.И., Тарасенко И.А. Прогнозирование циклического ресурса вала электропривода металлургической машины по оцифрованной тензометрической осциллограмме. – [Электронный ресурс] Оригинальные исследования (ОРИС), 2020, № 03. – С. 109 – 119. – Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-3-2020/a229909>
5. Мальцев А.А., Беяков Ю.И., Тарасенко И.А. Статистическое моделирование циклического ресурса шпиндельного вала электропривода металлургической машины. – [Электронный ресурс] Оригинальные исследования (ОРИС), 2020, № 04. – С. 158 – 169. – Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-4-2020/a229937>
6. Яковлев Р.А. Расчет на износ узлов трения прокатных станов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 52 с.
7. Яковлев Р.А. Расчет надежности соединений и передач прокатных станов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 60 с.
8. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 560 с.

References

1. Kolesnikov A.G., Yakovlev R.A., Maltsev A.A. Technological equipment for rolling production. – Moscow: BMSTU, 2014. – 158 p.

2. Maltsev A.A., Tronnikov A.I. Assessment of probability of failure-free operation of the rolling mill. – [Electronic resource] Original research (ORES), 2020, No 10. – P. 149 – 155. – Access mode: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-10-2020/a230100>
3. Maltsev A.A., Tronnikov A.I. Estimation of the probability of failure-free operation of the working roll gaiteli by the cyclic strength criterion. – [Electronic resource] Original research (ORES), 2020, No 9. – P. 102 – 109. – Access mode: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-9-2020/a230083>
4. Maltsev A. A., Belyakov Yu. I., Tarasenko I. A. Prediction of the cyclic life of the shaft of the electric drive of metallurgical machines by digitized strain gauge oscilloscope. – [Electronic resource] Original research (ORIS), 2020, No. 03. – P. 109-119. – Access mode: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-3-2020/a229909>
5. Maltsev A. A., Belyakov Yu. I., Tarasenko I. A. Statistical modeling of the cyclic resource of the spindle shaft of an electric drive of a metallurgical machine. – [Electronic resource] Original research (ORIS), 2020, No. 04. – P. 158-169. – Access mode: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-4-2020/a229937>
6. Yakovlev R.A. Calculation of wear of friction units of rolling mills. – Moscow: BMSTU, 2004. – 52 p.
7. Yakovlev R.A. Calculation of reliability of connections and transmissions of rolling mills. – Moscow: BMSTU, 2005. – 60 p.
8. Pronikov A.S. Parametric reliability of machines. – Moscow: BMSTU, 2002. – 560 p.