

Повышение информативности систем вибрационного контроля комбинированных редукторов прокатных станов

Д.Ю. Подоприхин, В.А. Сидоров

*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, ДНР*

*В статье рассмотрена информативность определения технического состояния зубчатых зацеплений комбинированных редукторов. Приведены виды возможных дефектов при возникновении первой гармонической составляющей зубчатого зацепления. Проведены измерения вибрационных параметров для изучения развития дефектов зубчатого зацепления с последующим спектральным анализом. Полученные данные указывают на изменение соотношения гармонических составляющих зубчатого зацепления без значительного изменения общего уровня вибрации.*

**Ключевые слова:** *комбинированный редуктор, зубчатые зацепления, виброскорость, спектральный анализ, гармонические составляющие*

Комбинированные редуктора клетей прокатных станов работают при нестационарном нагружении в повторно-кратковременном режиме, тем самым определение технического состояния элементов данных редукторов с использованием диагностических систем является достаточно сложным процессом [3]. Для повышения информативности систем вибрационного контроля необходимо учитывать большое количество факторов, влияющих на техническое состояние комбинированных редукторов (скоростной режим, технологический режим прокатки и др.). В данной статье рассмотрена информативность определения технического состояния зубчатых зацеплений.

Техническое состояние зубчатых зацеплений характеризуется различными факторами, такими как расцентровка валопроводов, дисбаланс роторов машины, износ посадочных мест подшипников качения, ослабление жесткости системы, а также дефекты зубчатого зацепления (износ контактной поверхности зубьев, смещение пятна контакта зубчатой пары, излом зубьев). Определение вида дефектов с использованием спектрального анализа предусматривает анализ информативных частот соответствующих дефектов и выявление основополагающего дефекта (или дефектов), приводящего к повышенной вибрации на подшипниковых опорах комбинированных редукторов клетей прокатных станов [1, 2].

Для выявления вида дефекта (дефектов) при спектральном анализе необходимо опираться на:

- частотные составляющие виброскорости в низкочастотном и высокочастотном диапазонах для выявления дефектов, связанных с ослаблением жесткости системы, дисбалансом роторов, расцентровкой валопроводов, дефектами муфт, частотами электромагнитного происхождения, в некоторых случаях дефектами подшипников качения, а также частотами зубчатых пар;

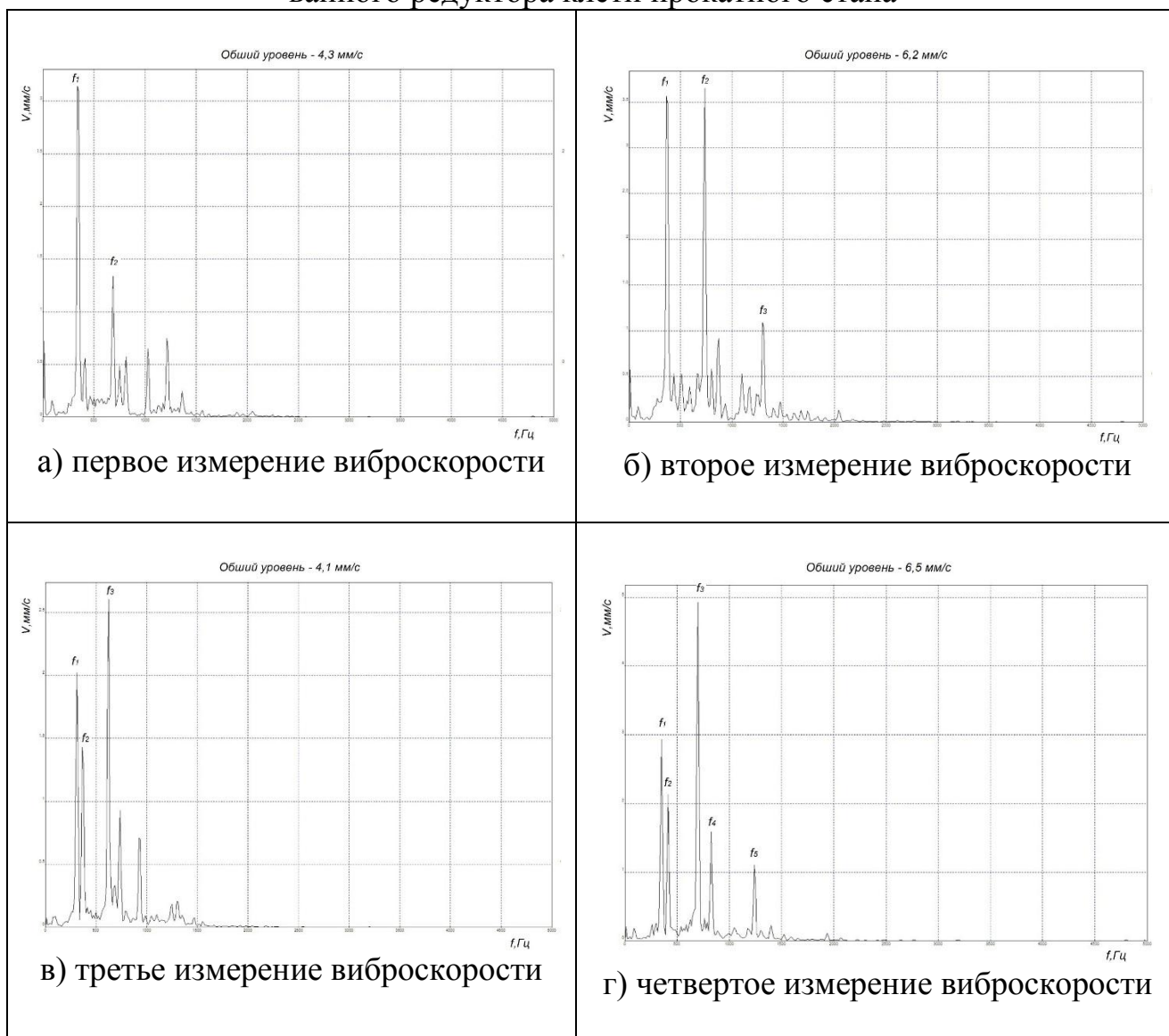
- частотные составляющие виброускорения в высокочастотном диапазоне для выявления частот зубчатого зацепления, дефектов подшипников качения.

Однако для определения дефектов зубчатого зацепления следует учитывать не только соотношение информативной частоты зубчатой пары к общему уровню вибрации, а также соотношение частот гармонических составляющих зубчатого зацепления.

Закономерности развития повреждений зубчатой передачи и спектральное отображение измерения виброскорости в среднечастотном диапазоне (10...5000 Гц) проведены в течение 4-х месяцев, что позволяет проанализировать процесс развития дефектов зубчатого зацепления. В табл. 1 представлены спектры измерения виброскорости на подшипниковой опоре комбинированного редуктора клетки прокатного стана.

Таблица 1

Спектры измерения виброскорости на подшипниковой опоре комбинированного редуктора клетки прокатного стана



Анализ полученных спектрограмм указывает на изменение спектральной картины в процессе развития повреждения зубчатого зацепления. Полученные результаты были подтверждены в результате визуального осмотра при проведении планового текущего ремонта.

Проекция вибрационных составляющих на ось датчика:

$$V_i = a_1(f_1) + a_2(f_2) + a_3(f_3) + \dots + a_j(f_j),$$

где  $V_i$  - общий уровень виброскорости (мм/с) со значением  $i$ ;

$a_1, a_2, a_3, a_j$  - амплитуды составляющих с общим количеством  $j$ ;

$f_1, f_2, f_3, f_j$  - частота составляющих с общим количеством  $j$ .

Для первого измерения виброскорости:

$$V_1 = 3,1(337,5 \text{ Гц}) + 1,3(687,5 \text{ Гц}),$$

остальные составляющие имеют значения менее 1,0 мм/с, частота 337,5 Гц, 687,5 Гц – 1 и 2 гармонические составляющие зубчатой передачи.

Рост возрастающих гармоник зубчатого зацепления свидетельствует о ухудшении технического состояния. В данном случае соотношение 1 и 2 гармонических составляющих 0,42.

В табл. 2 приведены проекции вибрационных составляющих на ось датчика для каждого измерения виброскорости, общий уровень вибрации, соотношение гармонических составляющих зубчатого зацепления.

Небольшие изменения частот зубчатого зацепления связаны с изменением технологического режима прокатного стана. Также на спектрах наблюдается развитие дефектов второй зубчатой передачи.

Соотношение 2 и 1 гармонических составляющих за период исследования изменилось от 0,42 до 1,68 при незначительном изменении общего уровня виброскорости.

Таблица 2

Проекция вибрационных составляющих на ось датчика для каждого измерения виброскорости, общий уровень вибрации, соотношение гармонических составляющих зубчатого зацепления

№ измерения	$a_1(f_1)$ , м/с <sup>2</sup>	$a_2(f_2)$ , м/с <sup>2</sup>	$a_3(f_3)$ , м/с <sup>2</sup>	$a_4(f_4)$ , м/с <sup>2</sup>	V, мм/с	$a_2/a_1$
1	3,1 337,5 Гц	1,3 687,5 Гц	-	-	4,3	0,42
2	3,6 362,5 Гц	3,65 737,5 Гц	1,08 1100 Гц	-	6,2	1,02
3	2,0 312,5 Гц	2,6 625,0 Гц		-	4,1	1,3
4	2,9 350,0 Гц	4,93 700,0 Гц	1,58 1050,0 Гц	1,1 1400,0 Гц	6,5	1,68

Таким образом, техническое состояние зубчатых передач определяется решающими правилами:

- преобладание первой гармонической составляющей зубчатой пары не всегда свидетельствует о дефектах зубчатого зацепления, возможны иные причины, приводящие к повышенной вибрации;

- рост второй гармонической составляющей показывает ухудшение технического состояния зубчатого зацепления;

- появление более высоких гармонических составляющих (3,4 и т.д.) и последующий их рост указывает на предаварийное состояние зубчатой пары. В данном случае необходимо остановить оборудование для визуального осмотра с целью определения степени развития дефектов;

- данное исследование позволит повысить информативность систем вибрационного контроля комбинированных редукторов клетей прокатных станов.

### **Библиографический список**

1. Ключев В.В. Неразрушающий контроль. Том 7 – М.: Машиностроение, 2005. – 829 с.

2. Розенберг Г.Ш. Вибродиагностика: Моногр. / Розенберг Г.Ш., Мадорский Е.З., Голуб Е.С. и др.; Под ред. Г.Ш. Розенберга. – СПб.: ПЭИПК, 2003. - 284 с.

3. Целиков А.И. и др. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Том 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката. Учебник для вузов / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребеник, Ф.К. Иванченко, М.А. Тылкин, А.А. Королев, В.П. Лопухин, Д.А. Сторожик, Б.А. Павленко, А.А. Целиков, И.М. Елинсон, В.И. Зюзин. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия. 1988. – 680 с.