

УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОТЫ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОНОВ КОХОНЕНА ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ЛОКАЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС МНОГОВАЛЬНЫХ ПРИВОДОВ ПРИ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Драган А.В., Парфиевич А.Н., Сокол В.А.

Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь

Введение. Процесс работы зубчатых колес в составе многовального привода, независимо от их текущего состояния, всегда сопровождается акустическим шумом. Это связано с динамическими явлениями непосредственно в самом в зубчатом зацеплении и погрешностями изготовления и монтажа применяемых зубчатых колес [1,2,3 и т.д.]. Также на акустический шум влияют и другие факторы, например такие как, уровень масла в диагностируемом объекте и прилагаемая нагрузка на выходном валу.

Данные обстоятельства могут сыграть важную роль в процессе сбора информации при диагностике и дальнейшей ее обработке для постановки диагноза исследуемого зубчатого механизма.

Основная часть. В качестве объекта исследований использовался горизонтальный редуктор с цилиндрическими прямозубыми эвольвентными зубчатыми колесами. На одном из них моделировалось локальное повреждение рабочей поверхности зуба аналогично предыдущим исследованиям [4,5]. Для создания нагрузки на выходном валу использовался ленточный тормоз с комплектом грузов (рисунок 1).

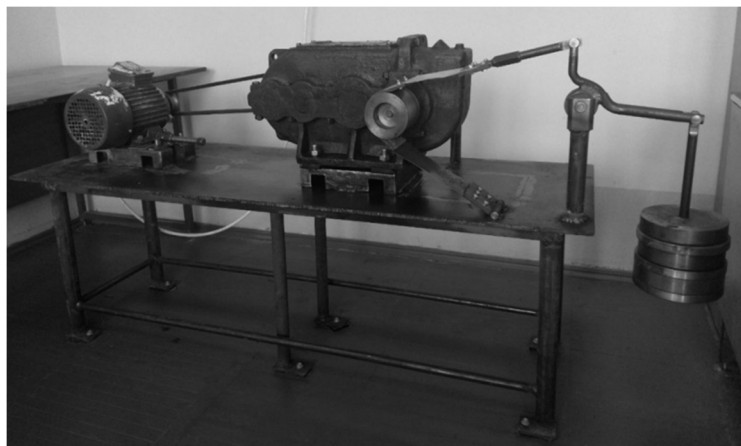


Рисунок 1 – Общий вид редуктора с применяемым ленточным тормозом

В рамках проведенных исследований осуществлён ряд экспериментов как для накопления базы данных акустического сигнала по каждому из состояний рабочей поверхности зуба, так и для выявления устойчивости работы используемой нейросетевой модели за счет введения дополнительных составляющих, влияющих на общий уровень акустической активности элементов диагностируемого объекта [1,2,3]:

- изменение уровня масла (нормальный, ниже уровня масла, без масла);

- изменение уровня нагрузки на выходном валу (без нагрузки, с нагрузкой в 9 Н×м, 18 Н×м и 27 Н×м).

На основе полученных экспериментальных данных проведено тестирование используемой нейросетевой модели на основе нейронов Кохонена [1,2,3], которая показала достаточно хорошие результаты при тестировании и обучении: 97,5% поданных для анализа образов были отнесены к соответствующим классам правильно.

Следующим шагом стало тестирование на данных, полученных при изменяющихся условиях эксплуатации диагностируемого объекта.

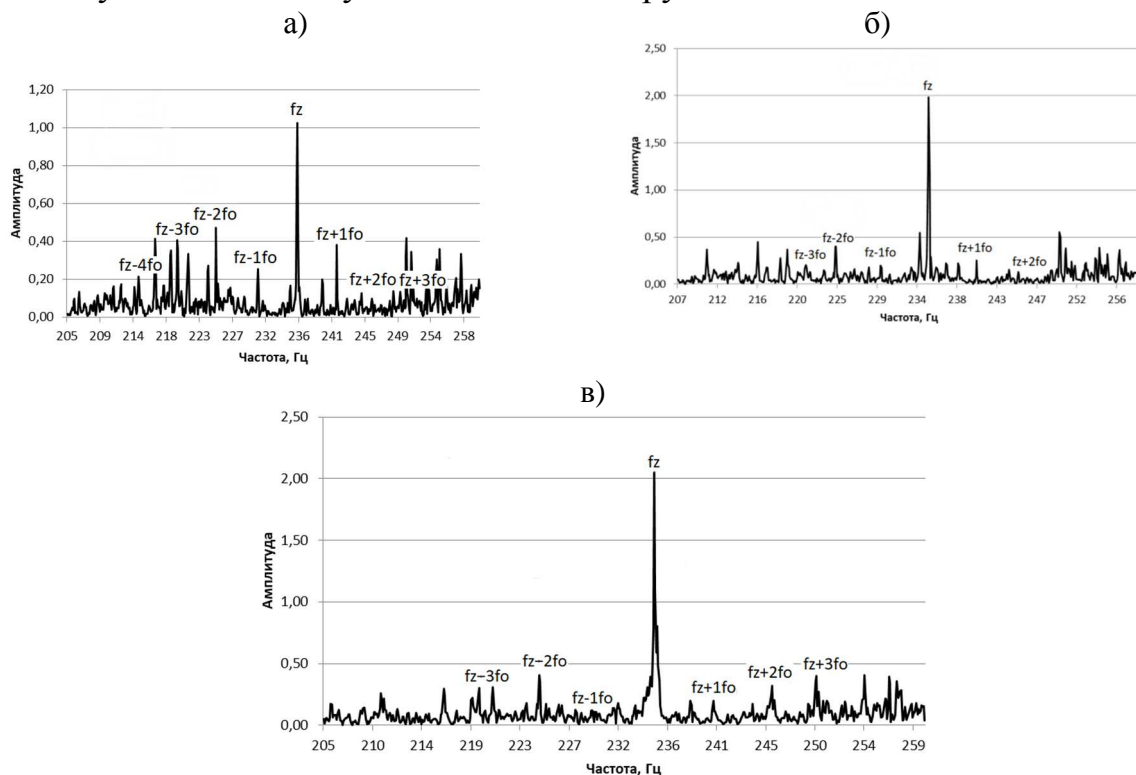


Рисунок 2 – Фрагменты спектров акустического сигнала в области частот (f_z-5f_0) - (f_z+5f_0) исследуемой шестерни с дефектом в виде повреждения 25% длины зуба при нагрузке на выходном валу 9 Н×м: а) при нормальном уровне масла; б) при среднем уровне масла; в) при нижнем уровне масла

Проанализировав фрагменты спектров акустического сигнала, изображенных на рисунках 2 и 3, можно сказать, что при изменении уровня масла и уровня нагрузки на выходном валу происходит увеличение амплитуды одной из значимых частотных составляющих f_z без соответствующего роста комбинированных частот f_z-5f_0 и f_z+5f_0 . Данное обстоятельство напрямую повлияло на корректную работу используемой нейросетевой модели, т.е. происходила неверная классификация состояний объекта. Но, несмотря на это, искусственная нейронная сеть на основе нейронов Кохонена всегда правильно определяет два класса диагностируемого параметра зубчатого колеса: целый зуб и без зуба. Во всех остальных случаях ошибочные результаты соответствовали соседним классам состояния зуба.

а)

б)

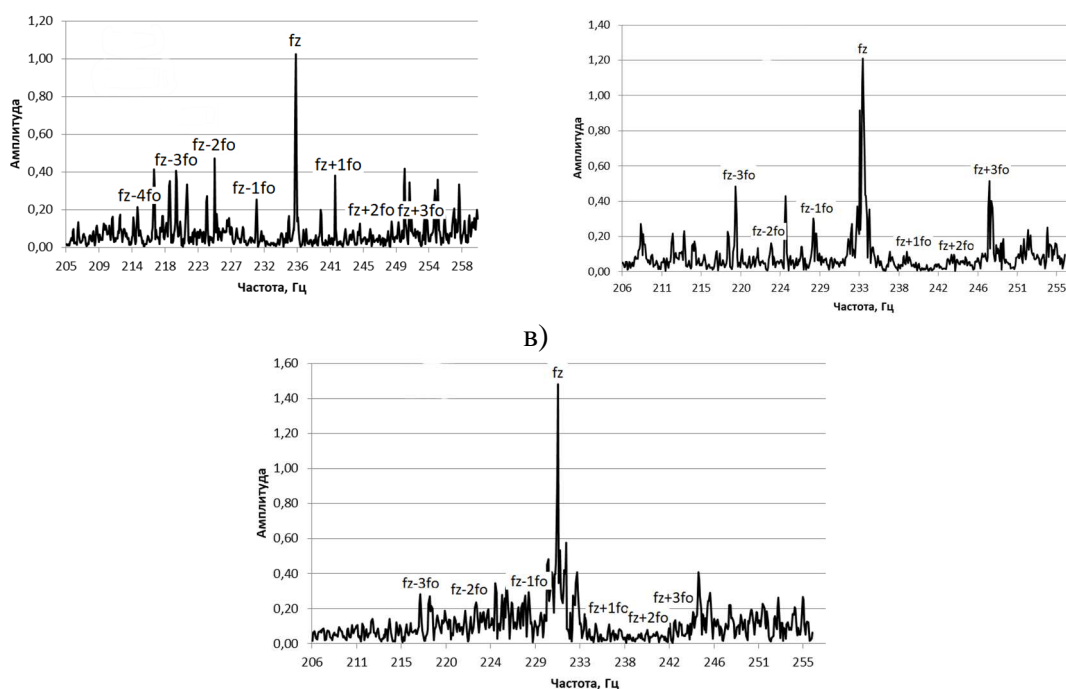


Рисунок 3 – Фрагменты спектров акустического сигнала в области частот $(f_z-5f_0)-(f_z+5f_0)$ исследуемой шестерни с дефектом в виде повреждения 25% длины зуба при нормальном уровне масла: а) при нагрузке на выходном валу 9 Н×м; б) при нагрузке на выходном валу 18 Н×м; в) при нагрузке на выходном валу 27 Н×м

Таким образом, можно сказать, что при работе искусственная нейросетевая модель ориентируется не только на абсолютные значения амплитуд информативных составляющих анализируемого акустического сигнала, но и их соотношение.

Заключение. Таким образом, в ходе экспериментальных исследований доказано, что для постановки диагноза используемый минимально необходимый набор данных (зубцовые частоты f_z , кратные им гармоники $m \cdot f_z$ и комбинированные частоты $m \cdot f_z \pm k \cdot f_0$ в окрестности частоты пересопряжения зубьев) является достаточным, а применяемая искусственная нейросетевая модель показывает достаточно хорошие результаты при аналогичных условиях условия работы объектов при диагностировании и обучении. При введении в ход эксперимента дополнительных составляющих (изменение уровня масла и нагрузки на выходном валу) корректность диагностики была нарушена. При более детальном анализе полученных результатов установлено, что используемая нейросетевая модель на основе нейронов Кохонена может распознавать только лишь 3 класса состояния зуба: целый, дефектный зуб и без зуба. Этого не достаточно для того, чтобы сделать возможный прогноз о дальнейшей работе диагностируемого механического привода на основе прямозубых эвольвентных колес. В ходе дальнейших экспериментальных исследований используемая нейросетевая модель будет адаптироваться к новым дополнительным критериям, сопровождающих работу многозубчатых механизмов, что позволит усовершенствовать процедуру диагностики за счет комплексной оценки акустической активности.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Генкин М.Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов / Генкин М.Д., Соколова А.Г. – М. : Машиностроение, 1987. – 288 с.
2. Герики Б.Л. Мониторинг и диагностика технического состояния машинных агрегатов : учеб. пособие. – В 2-х ч. Ч.1 : Мониторинг технического состояния по параметрам вибрационных процессов. – Кемерово : Кузбасский государственный технический университет, 1999. – 188 с.
3. Костюков В.Н. Основы виброакустической диагностики машинного оборудования : учеб. пособие / В.Н. Костюков, А.П. Науменко и др. – Омск : НПЦ «Динамика», 2007. – 286 с.
4. Драган А.В. Выявление локальных повреждений зубьев зубчатых колес многовальных приводов с использованием методов искусственного интеллекта / Драган А.В., Парфиевич А.Н. // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2017. – №4. – С. 27 – 31.
5. Драган А.В. Использование нейросетевого детектора при акустической диагностике многовальных зубчатых приводов/ Драган А.В., Парфиевич А.Н., Безобразов С.В. // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2017. – №2. – С. 58 – 70.

УДК 921.9.06

МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ ОСИ ШПИНДЕЛЯ ОТ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ СТОЙКИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНОГО СТАНКА С ЧПУ

Горбунов В.П., Трофимчук А.С.

Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь

Достижение требуемых параметров точности обрабатываемых деталей зависит в первую очередь от качественных характеристик станка, которые формируются несущей системой, а именно ее компоновкой, качеством изготовления и сборки, используемыми материалами, конструкцией базовых деталей. Это все определяет пространственное положение оси шпинделя, смещение которого от начального приводит к ухудшению геометрической точности обрабатываемых деталей, таких как точность линейных размеров, отклонений формы и расположения поверхностей, позиционного отклонения. Причем в процессе эксплуатации станка необходимо обеспечивать сохранение начальной точности положения оси шпинделя, недопущение выхода его за пределы допустимого, то есть исключить возможность появления параметрического отказа [1].

В процессе работы станок воспринимает энергетические нагрузки различной интенсивности, особое место, где занимают силовые факторы (особенно у тяжелых станков), такие как масса базовых деталей, смещение во время работы центров тяжести масс подвижных элементов, остаточные внутренние напряжения. Их доля в балансе погрешности обработки может достигать 65 % [2].

Особое место в парке металлообрабатывающего оборудования занимают многоцелевые станки с ЧПУ, которые являются сложной и более энергооборуженной технологической системой по сравнению с обычными станками. Их