

## Система контроля технического состояния технологических мехатронных объектов с использованием нейронной сети анализа состояний

*А.С. Цысь, Р.Р. Пашкевич*

*Донской государственной технической университет*

**Аннотация:** В статье представлена система контроля технического состояния технологических мехатронных объектов с использованием нейронной сети анализа состояний. Целью работы является повышение надежности работы оборудования, уменьшения числа внезапных отказов и аварийных ситуаций за счёт оценки динамического состояния шпиндельного узла мехатронного технологического объекта. Предложен и применен метод диагностики состояния шпиндельного узла мехатронного объекта при помощи нейросети, основанной на характеристиках временной области вибрационных сигналов. Предложена структура нейросистемы. Приводятся данные, полученные в ходе практических испытаний, а также структура нейронной сети для диагностики состояния технологических мехатронных объектов.

**Ключевые слова:** контроль состояния, мехатронный объект, нейронная сеть, шпиндельный узел, вибрационный сигнал, характеристики временной области.

Рост требований к производительности мехатронных технологических объектов и к качеству изготавливаемой продукции тесно взаимодействует с необходимостью оценки динамического состояния узлов оборудования с использованием современных методов и средств диагностики в условиях непрерывного производства. Своевременное обнаружение неисправностей позволяет повысить надежность работы оборудования, уменьшить число внезапных отказов и аварийных ситуаций.

Для определения реального технического состояния оборудования преимущественно применяются методы безразборной диагностики, которые позволяют производить диагностику станочного оборудования во время его работы [1]. Наиболее эффективный из них, который позволяет определить дефекты на самых ранних стадиях возникновения – метод вибрационной диагностики [2-4]. Структура системы мониторинга состояния мехатронных объектов представлена на рис. 1.

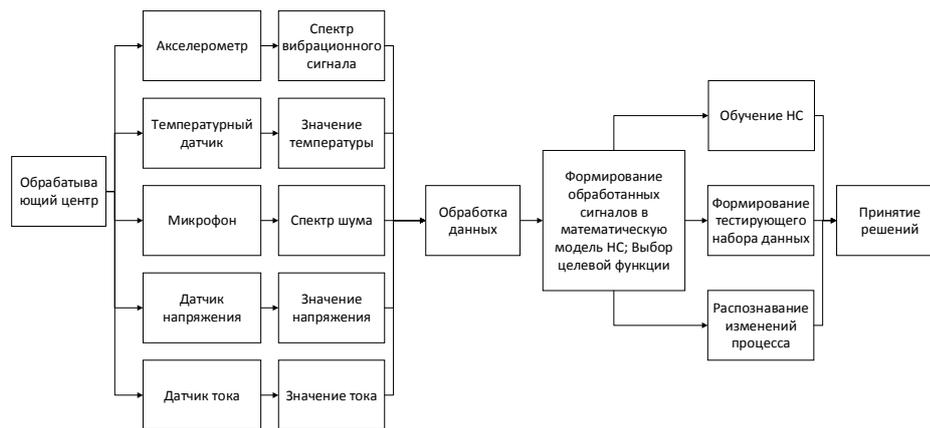


Рисунок 1 – Структура нейросистемы мониторинга технического состояния мехатронного объекта

На протяжении всего создания системы, работа будет проводиться согласно приведенной структуре (рис. 1). Сначала были проведены практические испытания на экспериментальном стенде Metal Cutting Machine CNC Router 400X400 with Rotary Axis (рис. 2, а). С акселерометра, установленного на шпиндельном узле станка (рис. 2, б) были получены вибрационные сигналы при разных режимах работы оборудования (холостой ход, рабочая подача), а также при разной частоте вращения. Сначала данные снимались на изношенном подшипнике, а затем на новом, в установившемся режиме работы.



а



б

Рисунок 2 – Экспериментальный стенд: а – общий вид станка; б – шпиндельный узел с установленным акселерометром



вибрационный сигнал является одномерным. Таким образом, необработанный вибрационный сигнал нуждается в извлечении ряда признаков, которые могут уменьшить размер обучающей выборки при сохранении характеристик, которые соответствуют состоянию машины.

Для описания необработанных вибрационных сигналов существует большое множество различных количественных характеристик, однако не все они являются достаточно информативны [8-10]. В качестве входов нейронной сети было выбрано несколько характеристик временной области. Разработанная структура нейронной сети, основанная на характеристиках временной области для диагностики состояния технологического мехатронного объекта приведена на рис. 4.

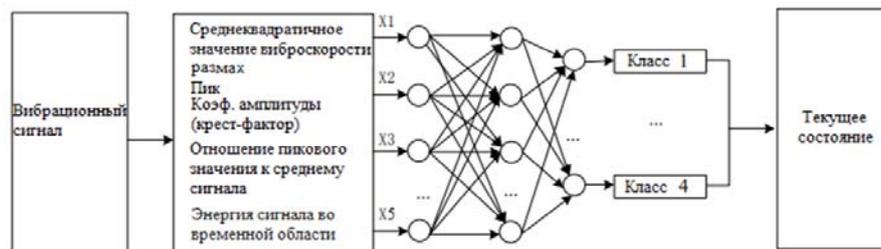


Рисунок 4 – Разработанная структура нейронной сети

После того, как входные данные нейронной сети подготовлены, нейронную сеть можно использовать для классификации состояния объекта мониторинга.

В заключение необходимо отметить, что правильно обученные нейронные сети позволяют определить дефекты исследуемых элементов шпиндельного узла мехатронных объектов на самых ранних стадиях их возникновения. Также можно отметить, что поскольку один акселерометр может давать недостаточно информации о вибрационном сигнале, для этого в дальнейшем может быть установлена группа акселерометров в разных положениях и разных элементах подшипникового узла, чтобы получить большее количество исходных данных.

## Литература

1. Синопальников, В.А., Григорьев С.Н. Надежность и диагностика технологических систем: Учебник. - М.: Высш.шк., 2005, 343 с.
2. Балицкий, Ф.Я., Иванова М.А., Соколов А.Г., Хомяков Е.И. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов / М.: Наука, 1984. – 119 с.
3. Пуш, В.Э., Пигерт В., Сосонкин В.Л. Автоматические станочные системы / Под ред. Пуша В.Э. – М.: Машиностроение, 1982. – 319 с.
4. Проников, А.С. Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
5. Хайкин, С. Нейронные сети: Полный курс. Пер. с англ. КуССуль Н. Н., Шелестова А. Ю. 2-е изд., испр. — М.: Издательский дом Вильямс, 2008, 1103 с.
6. Patel, J., Patel, V, and Patel, A., Fault Diagnostics of Rolling Bearing based on Artificial Neural Networks. International Journal for Scientific Reaearch & Development, Vol. 1, Issue 4, 2013.
7. Kim, Y., “Convolutional neural networks for sentence classification,” arXiv preprint arXiv:1408.5882, 2014.
8. Решетов, Д.Н., Портман, В.Т. Точность металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1986, 336 с.
9. Samanta, B. and Al-Balushi, K., Artificial neural network based fault diagnostics of rolling element bearings using time-domain features. Mechanical systems and signal processing, vol. 17, no. 2, pp. 317– 328, 2003.
10. Mitchell, J. S. Introduction to Machinery Analysis and Monitoring, PenWel Books, Tulsa (1993).

## References

1. Sinopal'nikov, V.A., Grigor'ev S.N. Nadezhnost' i diagnostika tehnologicheskikh sistem: Uchebnik. [Reliability and diagnostics of technological systems]. M.: Vyssh.shk, 2005, 343 p.
2. Balickij, F.YA, Ivanova M.A., Sokolov A.G., Homyakov E.I. Vibroakusticheskaja diagnostika zarozhdajushhihsja defektov. [Vibroacoustic diagnostics of incipient defects]. M.: Nauka, 1984, 119p.
3. Push, V.E., Pigert V., Sosonkin V.L., Avtomaticheskie stanochnye sistemy. [Automatic machine systems] Pod red. Pusha V.E, M.: Mashinostroenie, 1982, 319 p.
4. Pronikov, A.S., Nadezhnost' mashin. [Machine reliability]. M.: Mashinostroenie, 1978, 592 p.
5. Hajkin, S., Nejronnye seti: Polnyj kurs. [Neural networks: Full course] Per. s angl. Kussul' N. N., Shelestova A. Ju. 2-e izd., ispr, M.: Izdatel'skij dom Vil'jams, 2008, 1103 p.
6. Patel, J., Patel, V, and Patel, A., International Journal for Scientific Reaearch & Development, Vol. 1, Issue 4, 2013.
7. Kim, Y., Convolutional neural networks for sentence classification, arXiv preprint arXiv:1408.5882, 2014.
8. Reshetov, D.N., Portman V.T., Tochnost' metallovezhushhih stankov. [Precision machine tools]. M.: Mashinostroenie, 1986, 336 p.
9. Samanta, B. and Al-Balushi, K., Mechanical systems and signal processing, vol. 17, № 2, pp. 317– 328, 2003.
10. Mitchell, J. S. Introduction to Machinery Analysis and Monitoring, PenWel Books, Tulsa (1993).