

УДК 519.254

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОСТРЕБОВАННОСТИ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА
ОТКЛОНЕНИЙ В МЕХАНИЗМАХ ПО ЗВУКУ
RESEARCH OF THE DEMANDABILITY SYSTEMS FOR MONITORING
SOUND DEVIATIONS IN THE MECHANISMS**

А.С. Кузнецов

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

Kuznetsov A.S.

Supervisor – S. V. Sizikov, Candidate of Technical Sciences, docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в данной статье описана система мониторинга отклонений по акустическим параметрам, позволяющая выявлять нештатные ситуации даже при визуально незаметных изменениях.*

***Abstract:** this article describes the system for monitoring deviations based on acoustic parameters, allowing to identify abnormal situations even with visually imperceptible changes.*

***Ключевые слова:** мониторинг отклонений, механические устройства, звуковой индикатор, акустика, нейронные сети.*

***Key words:** deviation monitoring, mechanical devices, sound indicator, acoustics, neural networks.*

Введение

Актуальность исследования востребованности систем мониторинга отклонений в механических устройствах по звуку обусловлена ростом использования сложных механических систем в промышленности, транспорте, сельском хозяйстве и других сферах.

Оперативное обнаружение аномалий в работе механизмов является ключевым аспектом для обеспечения их бесперебойной и безопасной эксплуатации.

Новизна исследования обусловлена предложенной системой мониторинга отклонений по акустическим параметрам позволяют выявлять нештатные ситуации даже при визуально незаметных изменениях.

Целью данного исследования является анализ и оценка эффективности систем мониторинга отклонений для раннего выявления потенциальных неисправностей в механических устройствах на основе их звуковых проявлений.

В рамках исследования ставятся следующие задачи:

1. анализ существующих подходов и технологий мониторинга механических устройств по звуку;
2. изучение возможностей применения данных систем для раннего обнаружения дефектов;
3. оценка перспективности интеграции систем мониторинга в текущие производственные процессы.

Основная часть

Любой звук, возникающий при работе машин и механизмов возможно оцифровать, то есть присвоить численное значение его частоте и интенсивности, поскольку высота звука определяется его колебаниями (рис.1).

- Звук представляет собой волну с непрерывно меняющейся **интенсивностью** (громкостью \updownarrow) и **частотой** (высотой $\leftarrow\rightarrow$).
- Чем больше интенсивность звуковой волны, тем громче звук, чем больше частота волны, тем выше тон звука.

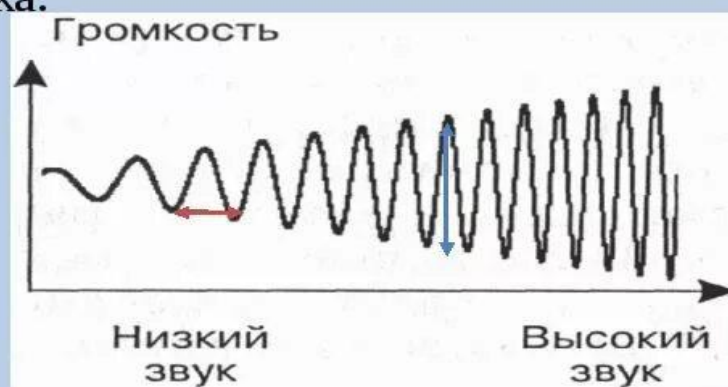


Рисунок 2 — Связь звуковых характеристик с частотой колебаний

Проведём обзор существующих систем мониторинга отклонений по звуку. Системы мониторинга, базирующиеся на звуковых индикаторах:

- **Подход:** Применение сложных алгоритмов искусственного интеллекта, включая многослойные нейронные сети, для выявления отклонений в работе механических устройств через анализ акустических сигналов и вибраций.
- **Преимущества:** Интеграция нескольких нейронных сетей в ансамбли обеспечивает более высокую точность и надежность диагностики. Такая система способна точно идентифицировать и предсказывать неисправности различных устройств, что способствует их эффективному обслуживанию.
- **Недостатки:** Вопросы, связанные с качеством и постоянным обновлением датасетов, представляют определенные трудности при использовании данных методов. Их применение требует постоянной верификации и актуализации информационных массивов для поддержания актуальности и точности выявления неисправностей [1].

Система основана на анализе скорости звука:

- **Подход:** Использование датчиков скорости звука для мониторинга промышленных приложений, таких как экологический мониторинг или обнаружение утечек.
- **Преимущества:** Такой тип датчиков может успешно применяться в микроэлектромеханических системах (MEMS) [3].
- **Недостатки:** Подход может быть ограничен конкретными приложениями и требовать специализированной калибровки и оборудования.

Звуковой мониторинг в медицине:

- **Подход:** Использование аускультационных систем для анализа сосудистых звуков и мониторинга здоровья сонных артерий.
- **Преимущества:** обеспечивает высокую точность в обнаружении специфических звуковых паттернов, связанных со здоровьем сосудов.
- **Недостатки:** Контекст мониторинга ограничен медицинской сферой и требует точной настройки и интерпретации звуковых данных.

Звуковой мониторинг строительных площадок:

- **Подход:** Автоматизированный мониторинг строительной активности с применением глубокого обучения для идентификации строительных звуков.
- **Преимущества:** способствует эффективному управлению безопасностью, сроками и продуктивностью на строительных площадках.
- **Недостатки:** требует разработки обучающих наборов данных и может быть ограниченно применим в шумной городской среде.

Системы для оценки износа двигателей:

- **Подход:** Звуковой мониторинг износа асинхронных двигателей с использованием расчета частот и статистического анализа.
- **Преимущества:** Возможность определения износа и эффективности двигателей на расстоянии.
- **Недостатки:** точность может зависеть от условий нагрузки и расстояния измерения.

Анализируя будущее систем акустического мониторинга, считаем необходимым выделить следующие тенденции развития:

- Будущее систем мониторинга отклонений в механических устройствах обещает быть динамичным и насыщенным инновациями. Основная тенденция - это интеграция искусственного интеллекта и умных датчиков, что позволяет не только регистрировать *акустические сигналы*, но и эффективно анализировать огромные объемы данных в режиме реального времени. Данные технологии делают возможным не просто обнаружение существующих отклонений, но и *прогнозирование* потенциальных неисправностей на ранних этапах, что сокращает время на техническое обслуживание и предотвращает внезапные остановки оборудования.
- Возможные улучшения и инновации. Возможности улучшения систем мониторинга заключаются в усовершенствовании алгоритмов анализа данных с применением методов машинного и глубокого обучения. Это позволит повысить точность и скорость обнаружения отклонений, а так-

же уменьшить количество ложных срабатываний. Инновации могут касаться разработки новых типов датчиков, способных воспринимать не только аудиосигналы, но и другие параметры, влияющие на работу механизмов. Большое значение имеет также создание удобных и интуитивно понятных интерфейсов для операторов, чтобы они могли быстро реагировать на данные системы мониторинга.

Заключение

Исследование подтвердило значимость систем мониторинга механических устройств по звуку, выявляя их эффективность для предупреждения неисправностей.

Особо отмечается роль алгоритмов искусственного интеллекта в повышении точности диагностики. В то же время выявлены проблемы, связанные с актуализацией данных и стандартизацией, требующие дальнейшего внимания

Прогнозируется, что инновации в этой сфере значительно улучшат эксплуатационные характеристики оборудования, усиливая его безопасность и производительность.

Литература

1. Моделирование акустического шума для идентификации технического состояния кинематических узлов [Электронный доступ]. – Режим доступа: <https://science-engineering.ru/ru/article/view?id=1400>. – Дата доступа: 10.04.2024
2. Испытание системы мониторинга оборудования на основе акустической шумодиагностики с применением нейронных сетей [Электронный доступ]. – Режим доступа: <https://journal.gubkin.ru/journals/automation/2022/6-587/32-40/>. – Дата доступа: 10.04.2024
3. Fault diagnosis of single-phase induction motor based on acoustic signals. Mechanical Systems and Signal Processing [Электронный доступ]. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/326837805>. – Дата доступа: 10.04.2024
4. Sounds and acoustic emission-based early fault diagnosis of induction motor: A review study. Advances in Mechanical Engineering [Электронный доступ]. – Режим доступа: <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/1687814021996915>. – Дата доступа: 10.04.2024
5. Acoustic fault diagnosis of rotor bearing system. Shock and Vibration [Электронный доступ]. – Режим доступа: <https://downloads.hindawi.com/journals/sv/2022/8028599.pdf>. – Дата доступа: 10.04.2024
6. A Review of Gear Fault Diagnosis of Planetary Gearboxes Using Acoustic Emissions [Электронный доступ]. – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40857-021-00217-6>. – Дата доступа: 10.04.2024