

УДК: 621.437.629

## ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ФОРСУНОК С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Тарасенко<sup>1</sup> В.Е., к.т.н., доцент, Карпович<sup>2</sup> С.К., к.э.н., доцент

<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,

<sup>2</sup>Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, г. Минск

Диагностирование сборочных компонентов топливной аппаратуры без их разборки позволяет управлять их техническим состоянием путем назначения соответствующих предупредительных работ, что обеспечивает значительную экономию средств на их техническое обслуживание и ремонт [1].

При вибрационном диагностировании важно получить тесную связь параметров выходного вибрационного отклика (сигнала) со структурным параметром, например, зазором в сопряжении распылителя форсунки, непосредственно характеризующим её техническое состояние. Вибрационный процесс, возникающий при работе механизма, является в большей степени откликом на ударные взаимодействия, носящие импульсный характер. Ударный процесс имеет свой спектр, составляющие которого можно оценить, измеряя максимальные величины выходного сигнала, пропускаемого через ряд узкополосных фильтров с близкими частотами. Искажение спектра входного воздействия, вызываемое реакцией колебательной упругой системы самого объекта, передающей сигнал к вибропреобразователю, а также влияние на сигналы исследуемого сопряжения других сопряжений затрудняют отыскание однозначной связи параметров сигнала с параметрами технического состояния диагностируемых механизмов [2].

При диагностировании топливной аппаратуры эффективно использовать характеристики виброакустического диапазона [3, 5] в связи с небольшими искажениями спектра и приемлемым отношением сигнал/помеха. Поскольку интенсивность удара определяется его кинетической энергией, в целях повышения информативности диагностирования появляется необходимость связать параметры диагностического сигнала с энергией виброударного процесса.

Измерительные преобразователи – MEMS датчики – имеют высокую чувствительность к ускорению колебаний в широкой частотной области. Указанные выше требования относятся к скорости колебательного процесса, фильтрацию которого необходимо производить в узкой полосе виброакустического диапазона частот. Исходя из теории акселерометра, этому требованию в максимальной степени соответствует область его резонанса [2]. Несмотря на малую интенсивность высокочастотных составляющих спектра воздействия, сигнал на выходе фильтра после вибропреобразователя составляет десятки и сотни милливольт даже при начальных состояниях механизмов (рисунок 1). С увеличением зазоров в кинематических парах уменьшается длительность соударения, что ведет к перераспределению энергии в спектре воздействия и увеличению интенсивности высокочастотных составляющих, а это, в свою очередь, повышает чувствительность метода [2].

В настоящем исследовании, выполняемом в рамках гранта Президента Республики Беларусь в сфере науки, с использованием многоканальной измерительной системы с гибкой структурой [4], специализированного диагностического стенда CR-JET 4E выполнен комплекс экспериментальных работ по измерению вибрации топливных форсунок CRIN2 (0445120141) с электромагнитным управлением на всех режимах нагружения. На основании проведенных исследований сформирован массив данных, представленный в виде лабораторного журнала. Элементы массива упорядочены в зависимости от режима нагружения исследуемой форсунки с представлением проекций полученного сигнала на оси пространственной декартовой системы координат. Для каждого элемента набора данных выполнено преобразование Фурье, что позволяет выявить характерные изменения спектра сигнала для исправных и изношенных форсунок (рисунки 2, 3 и 4). Для данных тестирования при максимальной нагрузке дополнительно выполнены вейвлет-преобразования.

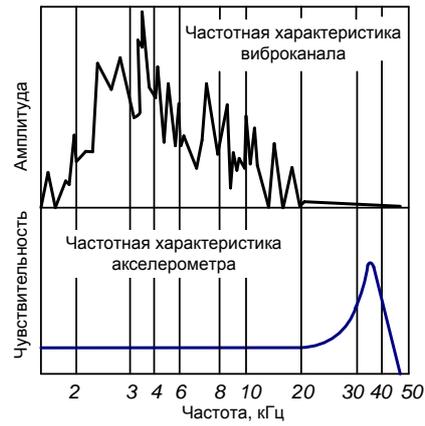
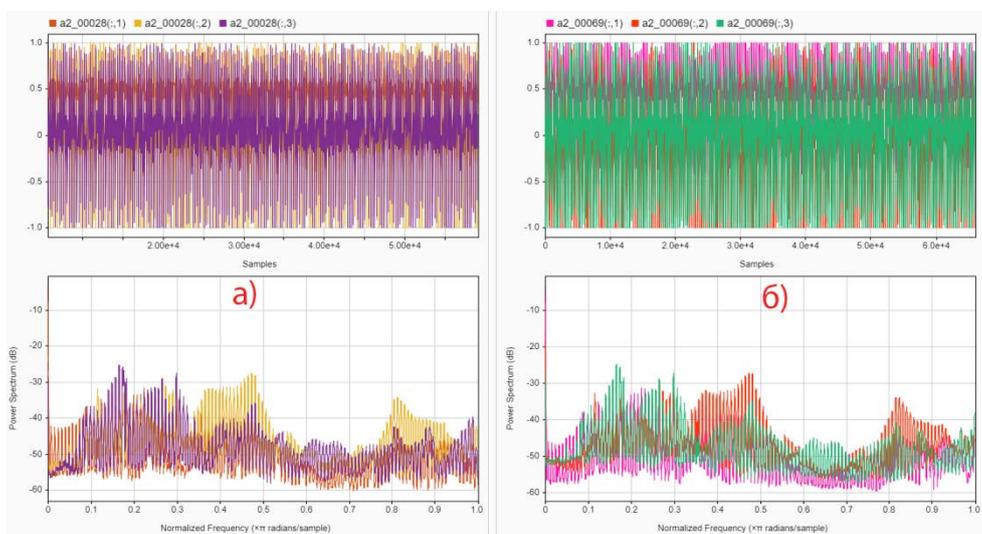
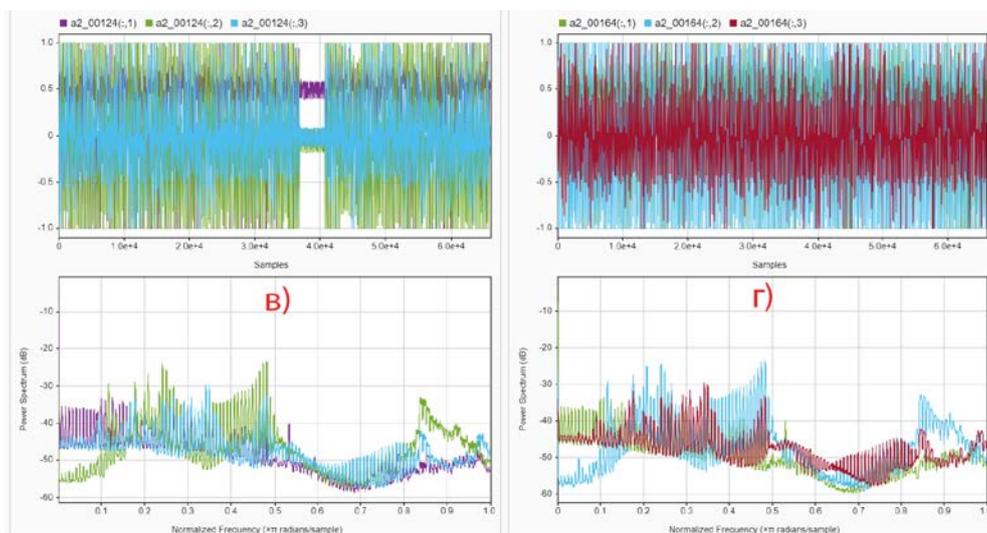


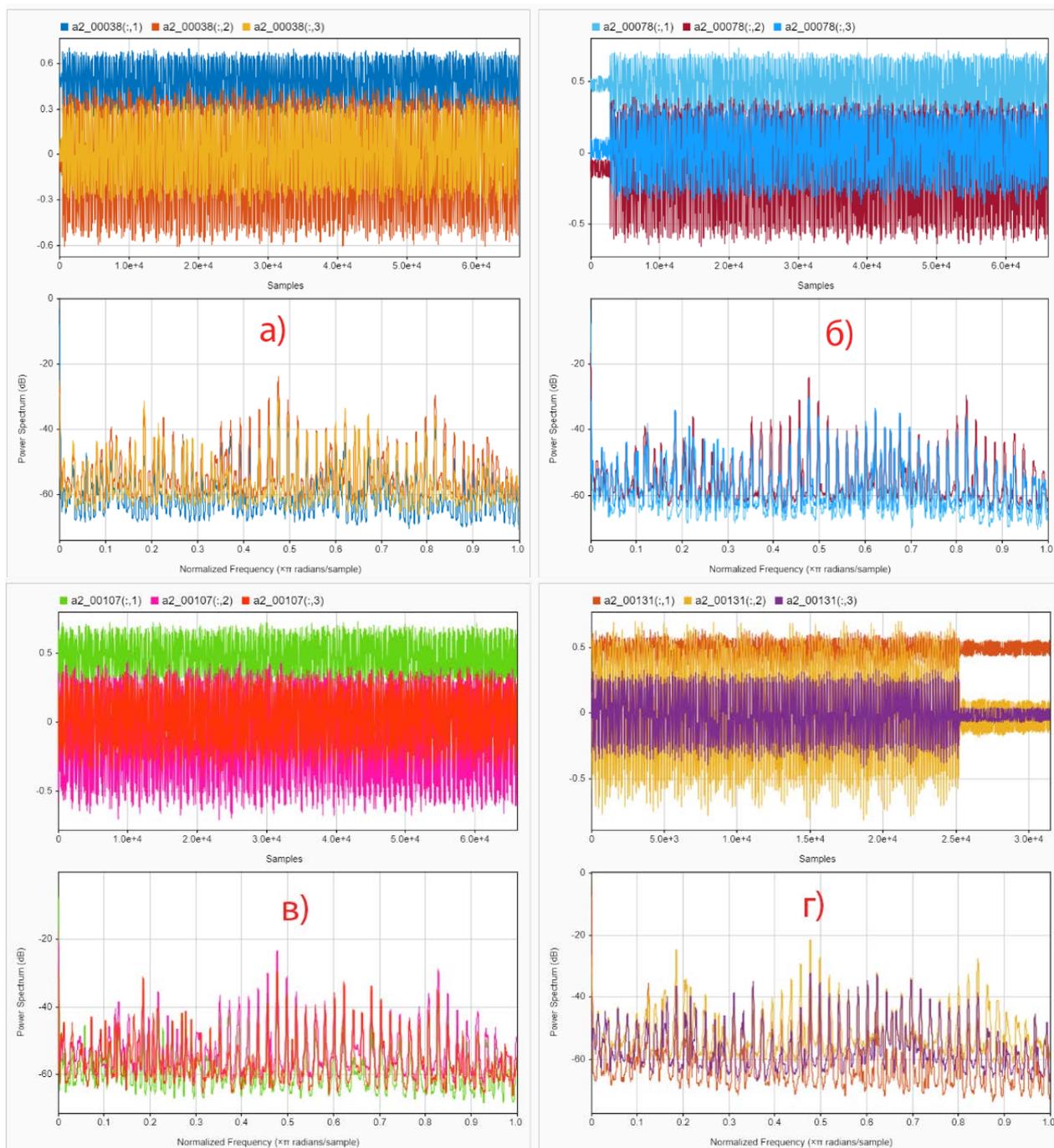
Рисунок 1 – Формирование выходного вибрационного отклика от ударного воздействия



а) и б) исправная форсунка, первое испытание (1600 бар, импульс 2000 мкс,  $\text{rpm}$  400, подготовка 50, циклы 1000, соударения);  
Рисунок 2 – Результаты тестирования исправной форсунки (режим VL)



в) и г) форсунка с умеренным износом посадочной поверхности клапана  
Рисунок 3 – Результаты тестирования форсунки со следами износа (режим VL)



а), б) исправная форсунка; в) исправная форсунка (повторное испытание);  
 г) форсунка со следами умеренного износа посадочной поверхности клапана  
 Рисунок 4 – Результаты тестирования форсунки в режиме холостого хода LL

### Литература

1. Диагностика и техническое обслуживание машин для сельского хозяйства: учебное пособие / А.В. Новиков, И.Н. Шило, В.Н. Кецко [и др.]; под ред. А.В. Новикова. – Минск: БГАТУ, 2009. – 404 с.
2. Технология вибрационного диагностирования дизельных двигателей / В.И. Соловьев, В.И. Беляев, В.А. Мачнев [и др.]. – ГОСНИТИ. – М.: 1979 г. – 41 с.
3. Тарасенко, В.Е. Исследование вибрации форсунок с помощью многоканальной системы с гибкой структурой / В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сборник / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2020. – Вып. 54. – С. 185–191.

4. Ролич, О.Ч. Многоканальная интегрированная система виброакустической и тепловой диагностики дизельных двигателей / О.Ч. Ролич, В.Е. Тарасенко // Агропанорама. – Минск, 2019. – №5 (135). – С. 42–45.

5. Жешко, А.А. Диагностирование многоканальной измерительной системой с гибкой структурой форсунок фирмы BOSCH / А.А. Жешко, В.Е. Тарасенко, О.Ч. Ролич, А.В. Дунаев // Технический сервис машин. – 2021. – Т.59. № 1 (142). – С. 55-64.

### О НАУЧНЫХ ЗАДАЧАХ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ КРУПНОГАБАРИТНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ВБЛИЗИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Белохвостов Г.И., к.т.н., доцент, Русских В.В., аспирант, Квятковский П.С.  
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В ходе выполнения сельскохозяйственных работ под воздушными линиями электропередач (ВЛ) при использовании крупногабаритной сельскохозяйственной техники (КСХТ), к сожалению, практически ежегодно происходят несчастные случаи, связанные с поражением электрическим током [1, 3, 4, 5].

За период 2019–2023 гг. произошло 12 несчастных случаев, связанных с поражением электрическим током от ЛЭП, в том числе 6 – со смертельным исходом

По состоянию на 2024 г. собранная статистика получила дополнение и была подтверждена Департаментом государственной инспекции труда Республики Беларусь (рис. 1).

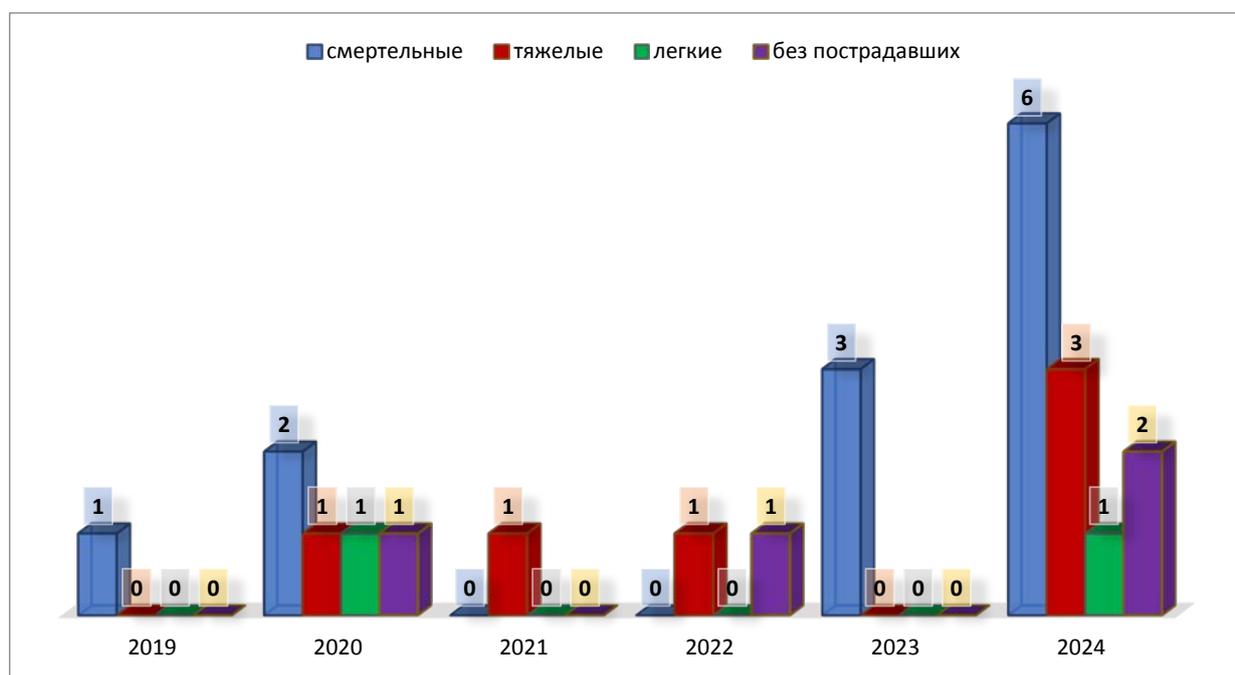


Рис. 1. Информация по травматизму в зоне ЛЭП за 2019–2023 гг.: без пострадавших (фиолетовая шкала), с легким (зеленая шкала), тяжелым (красная шкала) и смертельным исходами (синяя шкала).

Возникла насущная необходимость оснащения КСХТ устройствами сигнализации для предупреждения операторов к линиям электропередач.

Целью научных исследований, проводимых учреждением образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» является обоснование технологических и режимно-конструктивных параметров устройства для предупреждения оператора мобильной сельскохозяйственной техники о приближении к линии электропередачи (ЛЭП) [1, 2, 3, 4, 5].