

УДК 534.1:534.6

Программные средства регистрации и анализа ударных и вибрационных воздействий в задачах виброакустических исследований

Антонов Андрей Юрьевич^(*)

info@zetlab.com

Сатарова Екатерина Владимировна

satarova@zetlab.com

ООО «Электронные технологии и метрологические системы», Москва, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются программные средства регистрации и анализа сигналов ударного и вибрационного типа, применяемые при проведении виброакустических исследований и испытаний технических объектов. Описаны функциональные возможности программных модулей, предназначенных для детектирования ударных воздействий, анализа динамического отклика конструкций и определения резонансных характеристик систем. Рассмотрены методы регистрации сигналов импульсного характера и их обработки с использованием спектрального и корреляционного анализа. Приведены основные области применения данных инструментов в задачах виброакустического мониторинга, диагностики инженерных сооружений и проведения испытаний оборудования.

Ключевые слова: вибрация, ударные воздействия, виброакустические измерения, резонанс, модальный анализ, спектральный анализ, вибрационные испытания

Software tools for recording and analysis of shock and vibration effects in vibroacoustic research

Antonov Andrey Yuryevich^(*)

info@zetlab.com

Satarova Ekaterina Vladimirovna

satarova@zetlab.com

LLC "Electronic Technologies and Metrological Systems", Moscow, Russia

Abstract. The paper considers software tools for recording and analyzing shock and vibration signals used in vibroacoustic research and testing of technical objects. The functional capabilities of software modules designed for shock event detection, analysis of the dynamic response of structures, and determination of resonance characteristics of systems are described. Methods for recording impulsive signals and their processing using spectral and correlation analysis are presented. The main application areas of these tools in vibroacoustic monitoring, diagnostics of engineering structures, and equipment testing are discussed.

Keywords: vibration, shock impacts, vibroacoustic measurements, resonance, modal analysis, spectral analysis, vibration testing

Введение. Вибрационные и ударные воздействия являются важным фактором, определяющим условия эксплуатации технических объектов и влияние техногенных источников на окружающую среду. В задачах акустики среды обитания

значительную роль играет анализ механических колебаний конструкций зданий, инженерных сооружений и технологического оборудования.

Большинство методов виброакустических исследований основано на анализе непрерывных сигналов, которые рассматриваются как стационарные или квазистационарные процессы. Однако в реальных условиях эксплуатации часто возникают импульсные воздействия, характеризующиеся кратковременным изменением амплитуды сигнала. К таким воздействиям относятся механические удары, возникающие при работе промышленного оборудования, транспортных нагрузках, строительных работах, а также при испытаниях изделий на стойкость к механическим воздействиям.

Анализ подобных сигналов требует применения специализированных методов обработки, обеспечивающих детектирование события, выделение фрагмента сигнала и расчет параметров ударного импульса. Для решения этих задач используются программные средства, позволяющие выполнять регистрацию сигналов, их спектральный анализ и определение динамических характеристик исследуемых объектов.

Целью данной работы является рассмотрение программных инструментов регистрации и анализа ударных и вибрационных воздействий, применяемых при виброакустических исследованиях и испытаниях.

Материалы и методы. Регистрация вибрационных сигналов выполняется с использованием многоканальных систем сбора данных, подключенных к измерительным преобразователям различного типа. В качестве первичных датчиков применяются:

- виброускорения;
- датчики силы ударного воздействия;
- акустические датчики;
- датчики перемещения.

Сигналы от датчиков поступают в систему сбора данных, где выполняется их оцифровка и последующая обработка программными средствами.

В зависимости от характера исследуемых процессов применяются различные алгоритмы обработки сигналов. Для анализа непрерывных вибрационных процессов используются методы спектрального анализа, основанные на вычислении быстрого преобразования Фурье [1]. Данный подход позволяет определить амплитудно-частотные характеристики сигнала и выявить доминирующие частотные компоненты.

При исследовании сигналов ударного типа применяется алгоритм детектирования события, основанный на сравнении амплитуды сигнала с заданным пороговым значением. После фиксации момента удара выделяется временной интервал, содержащий импульсное воздействие и отклик системы.

Для анализа динамического поведения объекта используются методы взаимного спектрального анализа, позволяющие вычислять:

- передаточные функции;
- фазовые характеристики;
- функцию когерентности между сигналами возбуждения и отклика [2].

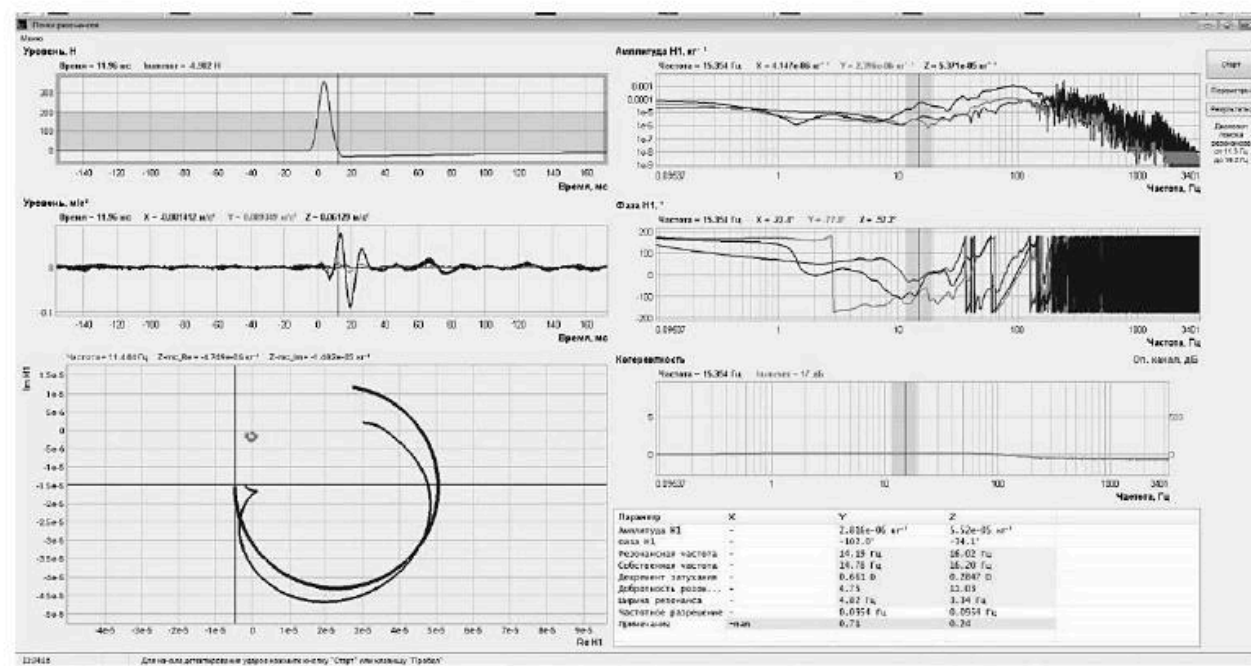


Рис. 2. Главное окно программы «Поиск резонансов»

Полученные данные используются для диагностики технического состояния конструкций, оценки виброустойчивости оборудования и подготовки к проведению вибрационных испытаний [5].

Обсуждение. Использование программных средств анализа ударных и вибрационных сигналов значительно расширяет возможности виброакустических исследований.

В отличие от традиционных методов анализа стационарных процессов, обработка сигналов событийного типа позволяет исследовать переходные динамические процессы, возникающие при кратковременных воздействиях. Это особенно важно при оценке вибрационного воздействия на здания и инженерные сооружения, расположенные вблизи источников техногенной активности.

Применение методов модального анализа позволяет выявлять собственные частоты колебаний конструкций и определять их динамическую устойчивость. Такие исследования широко используются при диагностике строительных конструкций, разработке систем виброизоляции и проектировании оборудования.

Дополнительным преимуществом является возможность интеграции измерительных программ с системами вибрационных испытаний. Это позволяет использовать единый комплекс аппаратных и программных средств как для исследовательских задач, так и для проведения испытаний изделий на устойчивость к механическим воздействиям.

Заключение. В работе рассмотрены программные средства регистрации и анализа сигналов ударного и вибрационного типа, применяемые при проведении виброакустических исследований.

Показано, что использование специализированных алгоритмов детектирования событий, спектрального и корреляционного анализа позволяет эффективно исследовать динамические характеристики объектов и выявлять их резонансные свойства.

Применение данных методов обеспечивает расширение возможностей виброакустического мониторинга, диагностики инженерных сооружений и проведения вибрационных испытаний оборудования [6]. Это способствует повышению надежности технических систем и снижению негативного воздействия вибрации на объекты среды обитания.

Список источников

- [1] Bendat J.S., Piersol A.G. Random Data: Analysis and Measurement Procedures. Hoboken, John Wiley & Sons, 2010, 640 p.
- [2] Ewins D.J. Modal Testing: Theory, Practice and Application, 2nd Edition. Willey, 2000, 592 p.
- [3] Griffin M.J. Handbook of Human Vibration. Academic Press, 2012, 1008 p.
- [4] Баклыков И.В., Федорова Т.С. Модальный, спектральный и динамический анализ конструкций: от теории колебаний струны к динамике железобетонных конструкций. *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2025. № 6, с. 9–26. <https://doi.org/10.37153/2618-9283-2025-6-09-26>
- [5] Кузнецов А.А. Методы экспериментального исследования вибрационных характеристик машин и конструкций. Дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2018, 182 с.
- [6] ГОСТ ИСО 7626-5-99. Вибрация и удар. Экспериментальное определение механической подвижности. Москва, Стандартинформ, 1999.