

УДК 67.05

Виброиспытания: задачи, особенности и практика применения для изделий различного назначения

Прокофьев Алексей Петрович^()*

prokofiev@technoprism.ru

ООО «ТехноПрист», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В докладе рассматриваются цели, методы и практические аспекты вибрационных испытаний отечественных изделий различного назначения. Основное внимание уделяется корректному выбору режимов испытаний, обеспечению достоверности результатов и особенностям применения современного испытательного оборудования. Анализируются типовые сложности, возникающие в ходе виброиспытаний: искажения сигналов, влияние оснастки, ограничения при воспроизведении сложных спектров. Обсудим пути их решения, включая использование цифровых систем управления. На конкретных примерах показано, как своевременное выявление скрытых дефектов позволяет повысить надежность и ресурс космической, авиационной, наземной, водной и подводной техники, электроники и компонентов. Делается вывод о необходимости комплексного подхода, объединяющего корректную методику, аттестованное оборудование и профессиональную интерпретацию данных.

Ключевые слова: виброиспытания, применение виброиспытаний, оборудование, приборы

Vibration testing: tasks, features and application practice for military and civilian products

Prokofiev Alexey Petrovich^()*

prokofiev@technoprism.ru

LLC Technoprism, Saint Petersburg, Russia

Annotation: The report discusses the goals, methods and practical aspects of vibration testing of domestic products. The main focus is on the correct choice of test modes, ensuring the reliability of the results and the specifics of using modern testing equipment. Typical difficulties that arise during vibration tests are analyzed: signal distortion, the influence of fittings, and limitations in reproducing complex spectra. We will discuss ways to solve them, including the use of digital control systems. Concrete examples show how timely detection of hidden defects can improve the reliability and life of space, aviation, land, water and underwater equipment, electronics and components. The conclusion is made about the need for an integrated approach combining correct methodology, certified equipment and professional interpretation of data.

Keywords: Vibration testing, application of vibration testing

Введение. Основная цель вибрационных испытаний — оценить способность изделий сохранять работоспособность и целостность при воздействии вибрационных нагрузок, характерных для реальных условий эксплуатации.

При проведении вибрационных испытаний решаются следующие ключевые задачи.

- выявление скрытых дефектов конструкции и материалов;
- проверка соответствия изделий заданным техническим требованиям;
- определение предельных уровней вибрационных нагрузок;
- прогнозирование ресурса и надежности изделий;
- оптимизация конструкции с учетом вибрационных воздействий.

Для достижения поставленных целей применяются виброиспытаний с различными видами вибрационных нагрузок:

- синусоидальная вибрация — позволяет оценить реакцию изделия на гармонические колебания определенной частоты и амплитуды;
- широкополосная случайная вибрация (ШСВ) — имитирует реальные условия эксплуатации с широким спектром частот;
- комбинированные испытания — сочетают разные виды вибрационных нагрузок.

Методы и материалы. *Современное испытательное оборудование.*

1. Электромеханические вибростенды (рис. 1). У них ограниченный частотный диапазон и они воспроизводят только синусоидальную вибрацию. Зато они дешевы, просты в эксплуатации и обслуживании.



Рис. 1. Электромеханические вибростенды «ВИКАМ». Производитель ООО «ТехноПрист»

2. Электродинамические вибростенды (рис. 2). Они обеспечивают широкий частотный диапазон и большой динамический диапазон амплитуд ускорений.

3. Гидравлические вибростенды (рис. 3). Работают только на низких частотах, но обладают большой грузоподъемностью и в десятки раз большим перемещением рабочего стола по сравнению с предыдущими вибростендами.

4. Комбинированные системы (рис. 4). Состоят из вибростенда и климатической камеры и позволяют максимально приблизить испытание к реальным условиям эксплуатации.

ОДНООСЕВЫЕ



ДВУХОСЕВЫЕ



ТРЕХОСЕВЫЕ



МНОГООСЕВЫЕ



Рис. 2. Электродинамические вибростенды



Рис. 3. Гидравлический вибростенд

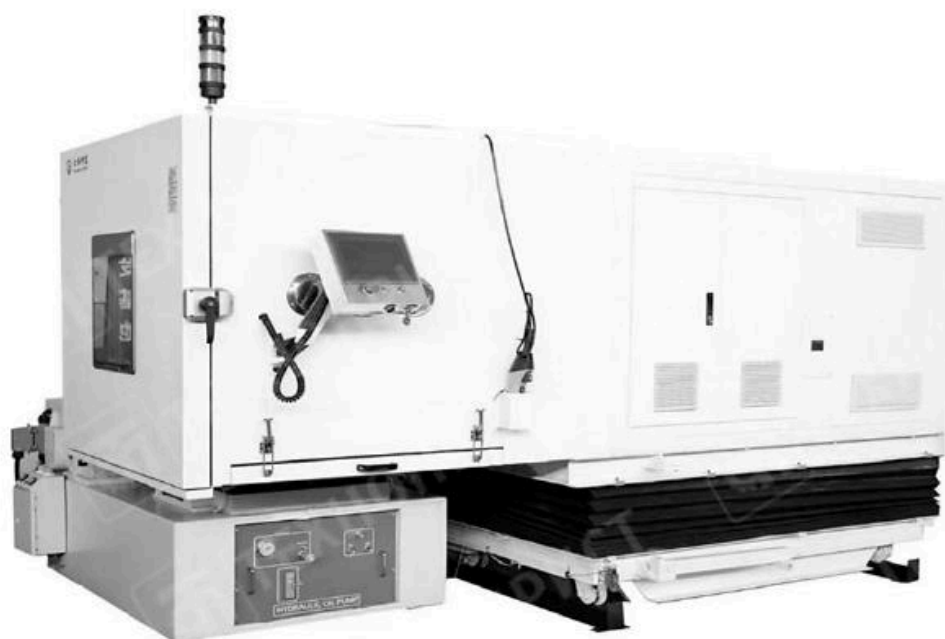


Рис. 4. Комбинированная система испытаний вибрация-климат

5. Цифровые системы управления вибрацией — позволяют точно воспроизводить заданные режимы.

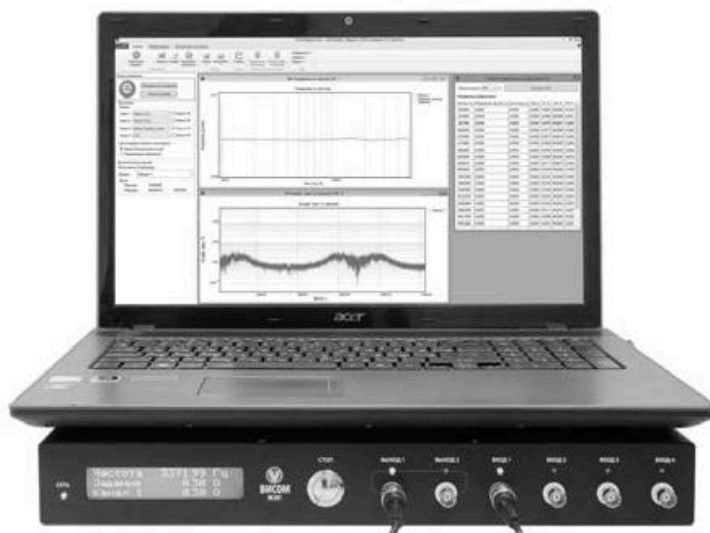


Рис. 5. Система управления вибрацией ВИСОМ (Россия)

6. Акселерометры и датчики перемещения. Фиксируют параметры колебаний — частоту, ускорение, скорость, перемещение.

Типовые сложности при проведении виброиспытаний и пути их решения.

1. Искажения сигнала.

Причина: нелинейные свойства материалов, помехи от оснастки, влияние находящегося рядом оборудования.

Решение: применение цифровой фильтрации, калибровка датчиков, использование высокоточных измерительных систем.

2. Влияние оснастки на результаты испытаний.

Проблема: оснастка может изменять собственные частоты изделия, искажать результаты испытаний.

Решение: тщательный подбор оснастки, компьютерное моделирование перед ее изготовлением.

3. Ограничения при воспроизведении сложных спектров.

Сложности: точное воспроизведение реальных вибрационных спектров, особенно в широком диапазоне частот.

Решение: использование современных цифровых систем управления, поэтапное воспроизведение спектров, корректировка режимов в реальном времени.

4. Сложность интерпретации результатов

Проблема: большой объем данных, неоднозначность трактовки полученного массива данных;

Решение: применение специализированного ПО для анализа данных, привлечение квалифицированных специалистов.

Результаты. Проведение виброиспытаний широко практикуется в различных областях науки и техники.

Космическая техника: проверка устойчивости спутников и ракет-носителей к вибрациям начиная с запуска, заканчивая посадкой.

Авиационная техника: оценка прочности фюзеляжа, двигателей, авионики.

Наземная техника: испытания военной и гражданской техники, работающей в условиях тряски и ударов.

Водная и подводная техника: проверка корпусов судов, подводных аппаратов, судового оборудования.

Электроника и компоненты: оценка устойчивости микросхем, печатных плат, разъемов, готовых сборок к вибрационным нагрузкам.

Некоторые реализованные проекты ООО «ТехноПист» представлены на рис. 6.



г. Санкт – Петербург
Корпоративные цвета
заказчика



Московская область
Вибростенд 200кН



Московская область.
Вибростенд 50кН, работает от 1 Гц

Рис. 6. Реализованные проекты ООО «ТехноПист»

Обсуждение. Виброиспытания играют ключевую роль в обеспечении надежности и долговечности изделий военного и гражданского назначения. Своевременное выявление скрытых дефектов позволяет:

- предотвратить отказы в эксплуатации;
- оптимизировать конструкцию изделий;
- сократить затраты на ремонт и обслуживание;
- повысить безопасность использования техники.

Заключение. При проведении виброиспытаний необходим тщательный выбор режимов и методов испытаний с учетом специфики изделий. Важно использовать современное аттестованное оборудование и цифровые системы управления. Критически важна профессиональная оценка и интерпретация результатов испытаний. Комплексный подход — залог достоверности и практической ценности виброиспытаний.

Список источников

- [1] ГОСТ 20.57.406–81. *Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические методы испытаний*. Москва, ИПК Издательство стандартов, 2003.
- [2] ГОСТ 30630.0.0–99. *Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Общие требования*. Москва, ИПК Издательство стандартов, 2000.
- [3] ГОСТ 30630.1.2–99. *Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других. Технические изделия. Испытания на воздействие вибрации*. Москва, ИПК Издательство стандартов, 2000.
- [4] ГОСТ 16962.2–90. *Изделия электротехнические методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам*. Москва, Издательство стандартов, 1990.
- [5] ГОСТ РВ 20.57.416–98. *Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические военного назначения. Методы испытаний: государственный военный стандарт*. Москва, Стандартиформ, 2015.
- [6] ГОСТ РВ 20.57.305–98. *Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Методы испытаний на воздействие механических факторов государственный военный стандарт*. Москва, Стандартиформ, 2015.