

# Сертификация программного обеспечения высокотехнологичных промышленных изделий

А. Мирсков, с. н. с., С. Шиляев<sup>1</sup>

УДК 621.317 | ВАК 05.11.16

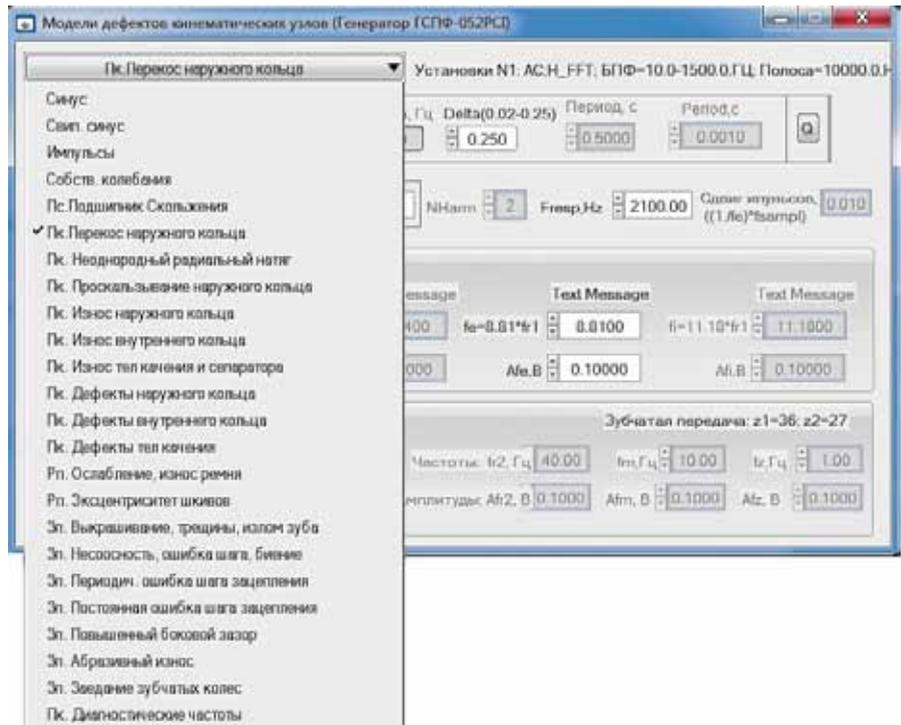
Необходимость проведения мероприятий по повышению надежности высокотехнологичных промышленных изделий и минимизации потерь, вызванных непредвиденными отказами технически сложных объектов (ТСО), в различных отраслях науки и техники послужила мощным импульсом к развитию компьютерного моделирования программного обеспечения (ПО) средств контроля и измерений, применяемого при разработке продукции и проведении приемочных, приемо-сдаточных, квалификационных, серийных и иных испытаний, а также на дальнейших этапах жизненного цикла продукции.

Особое место в виброакустической диагностике ТСО занимает проблема обнаружения и диагностики зарождающихся дефектов. Только возможность обнаружения эксплуатационных дефектов на ранней стадии их развития может способствовать прогнозированию отказов и безаварийной эксплуатации оборудования. Эти обстоятельства предъявляют повышенные требования к методикам вибродиагностики и программному диагностическому обеспечению [1].

В составе специализированных программно-технических комплексов средств контроля и измерений ТСО ПО занимает все большее место и значение. Требования по компьютерному моделированию и сертификации ПО должны быть неотъемлемой частью технического задания на разработку средств контроля и измерений ТСО.

Поэтому при разработке системы контроля и вибродиагностики с оперативным поиском, точной локализацией, оценкой величины и прогнозированием развития дефектов по диагностическим моделям типовых

кинематических узлов был создан программно-технический комплекс для моделирования и сертификации ПО.



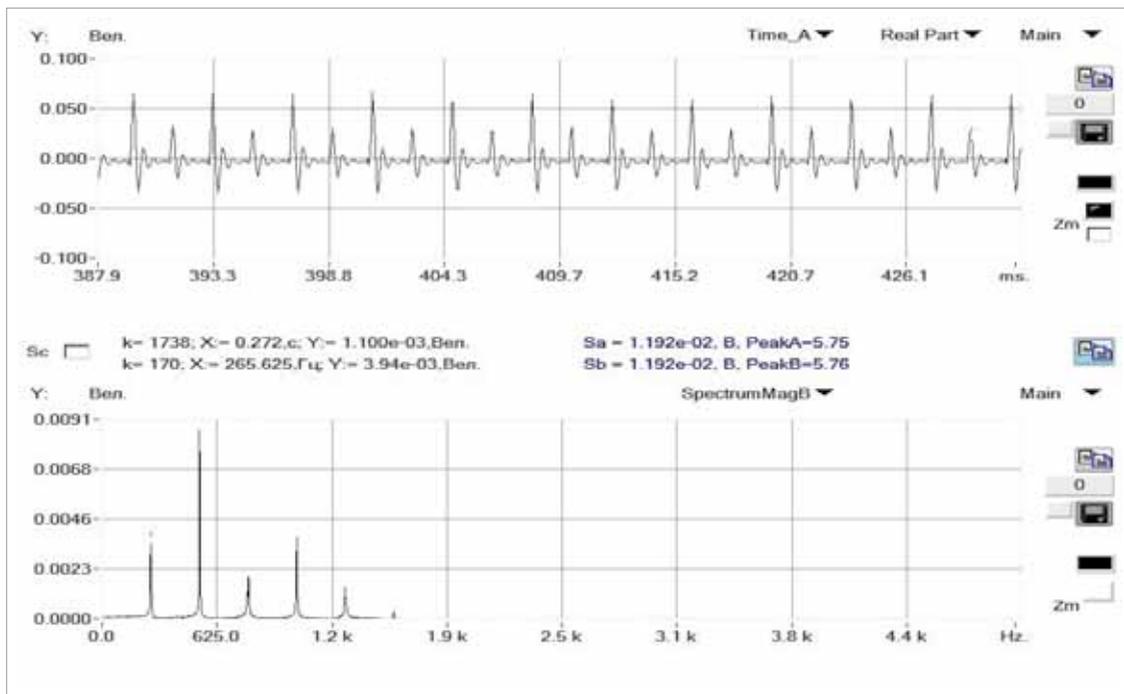
**Рис. 1.** Перечень сигналов, моделируемых генератором ГСПФ-052РС1: синус; свипирующий синус; импульсы; шум в полосе; колебания резонатора; Пс – подшипник скольжения; Пк – подшипник качения т. 46116; Рп – плоскозубая ременная передача z1=36; z2=66; zb=140; Зп – зубчатая передача z1=36; z2=27

<sup>1</sup> ООО «Руднев-Шиляев», sereg@rudshel.ru.

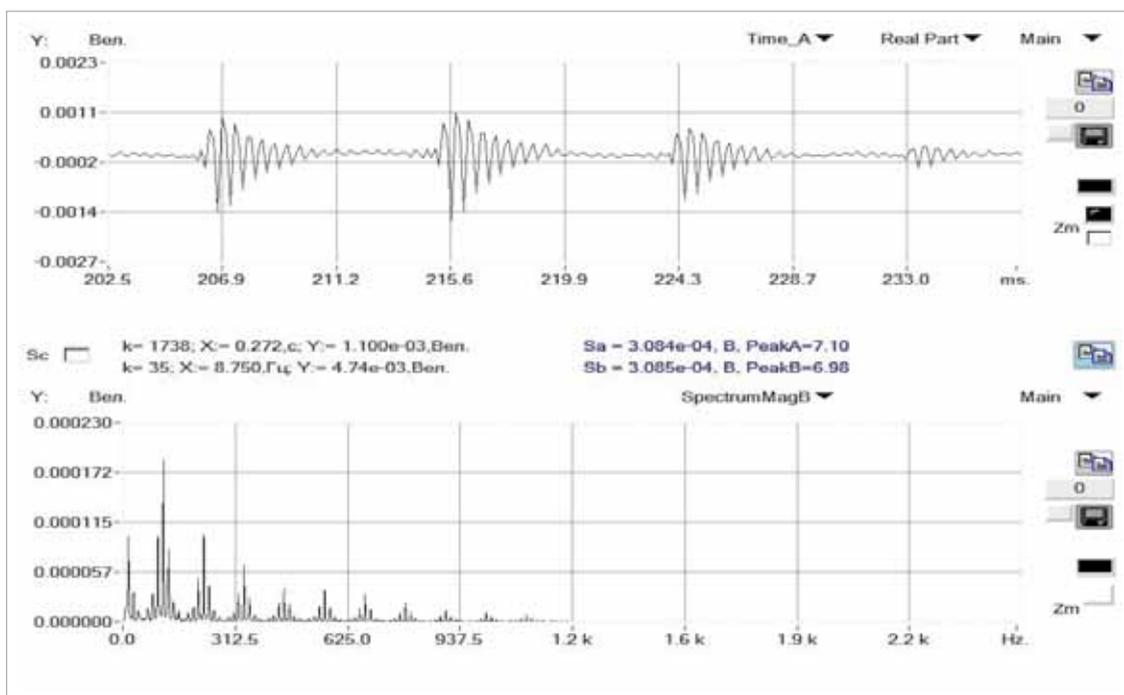
Он представляет собой виртуальный измерительный прибор, построенный на базе компьютера, генератора сигналов [2] и анализатора акустических и вибрационных сигналов [3]. Генератор сигналов предназначен для моделирования сигналов, вызванных дефектами кинематических узлов, что дает возможность настраивать процедуру диагностирования неисправностей ТСО в части аппаратного и методического обеспечения.

Цифровое моделирование формы сигнала, заполнение буфера генератора и последующее его циклическое «проигрывание» обеспечивает получение требуемого аналогового сигнала. Управление формированием сигналов и диалог с пользователем поддерживает интерфейс пользователя (рис. 1).

Выбор типа сигнала из списка (см. рис. 1) делает доступными поля управления генератором и дает возможность внести в эти поля параметры, необходимые для моделирования



**Рис. 2.** Подшипник качения т. 46116. Перекос наружного кольца.  $f_r = 30$  Гц;  $f_e = 264,3$  Гц; Time\_A – временное развитие сигнала; SpectrumMag – спектр огибающей



**Рис. 3.** Подшипник качения т. 46116. Дефекты тел качения и сепаратора.  $f_r = 30$  Гц;  $f_{cg} = 13,2$  Гц;  $f_{rol} = 112,2$  Гц. Time\_A – временное развитие сигнала; SpectrumMag – спектр огибающей

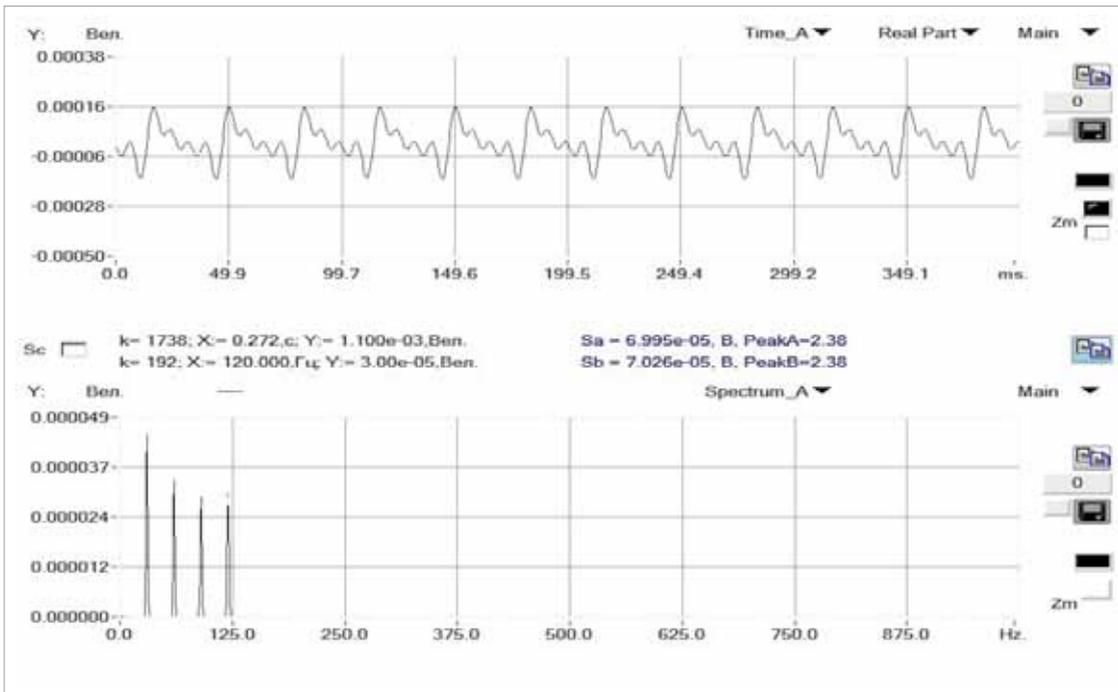
сигналов выбранного дефекта, соответствующих спектральным характеристикам дефектов кинематических узлов ТСО: подшипника скольжения, подшипника качения, плоскозубой ременной передачи, зубчатой передачи.

Для корректного моделирования дефектов конкретного типа кинематического узла необходимо рассчитать и внести диагностические частоты [4].

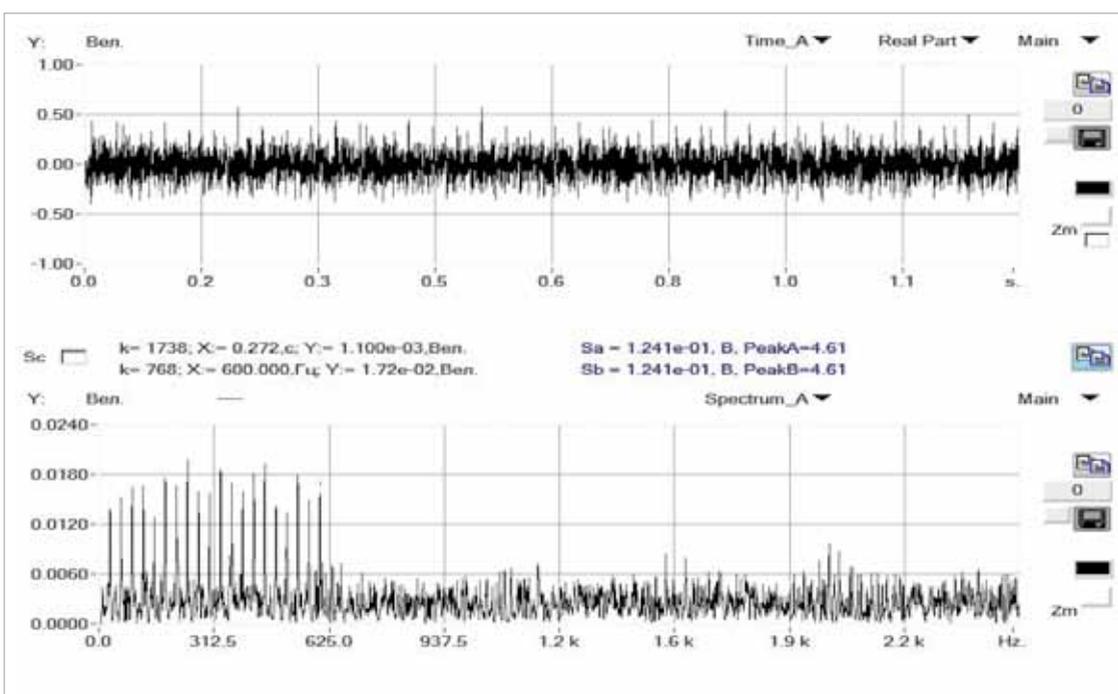
Практика показывает, что для достоверной оценки текущего технического состояния ТСО в качестве

источников информации необходимо использовать характеристики колебательных процессов, сопровождающих функционирование оборудования, то есть характеристики виброакустических процессов во временной или частотной областях [4].

Так, дефекты подшипников качения оценивают по спектрам огибающей виброускорений, дефекты зубчатых и ременных передач диагностируют по спектрам ускорений и скоростей соответственно. Для количественной оценки



**Рис. 4.** Плоскозубая ременная передача. Ослабление, износ ремня. Time\_A – виброскорость; Spectrum\_A – спектр виброскорости



**Рис. 5.** Зубчатая передача. Повышенный боковой зазор. Некоррелированный шум в полосе 10–2500 Гц

момента возникновения и развития дефектов необходимо рассматривать конкретный тип кинематического узла с известными техническими характеристиками.

Для подшипников качения это частоты вращения сепаратора –  $f_{cg}$ , частоты вращения тел качения –  $f_{rol}$ , частота перекачивания тел вращения по наружному кольцу –  $f_e$  и внутреннему кольцу –  $f_i$ , частота вращения внутреннего кольца –  $f_r$ .

Дефекты кинематических узлов условно делят на дефекты монтажа (рис. 2); дефекты, вызванные износом контактирующих поверхностей, или эксплуатационные дефекты (рис. 4); локальные дефекты (рис. 3).

Результат моделирования дефекта зубчатой передачи с повышенным боковым зазором при наличии некоррелированного шума, вызванного работой ТСО, представлен на рис. 5.

Разработанный программно-аппаратный комплекс позволяет разработать требования к анализирующей

аппаратуре, методикам вибродиагностики и программному диагностическому обеспечению.

**Стремитесь к точности вместе с нами!**

**ООО «Руднев-Шиляев»**

**+7 495 787-63-67, +7 495 787-63-68, +7 495 787-63-69**

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 57700.1-2017. Численное моделирование для разработки и сдачи в эксплуатацию высокотехнологичных промышленных изделий, сертификация программного обеспечения, требования.
2. <http://www.rudshel.ru/show.php?dev=22>;  
<http://www.rudshel.ru/show.php?dev=23>.
3. <http://www.rudshel.ru/show.php?dev=43>.
4. **Русов В. А.** Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам. – Пермь: ПФВ «Вибро-Центр», 2012.

### КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1600 руб.

## НАСТОЛЬНАЯ КНИГА ИНЖЕНЕРА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СВЧ-УСТРОЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕДОВЫХ МЕТОДИК ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗА ЦЕПЕЙ

Дансмор Джоэль П.

*Издание осуществлено при поддержке компании Keysight Technologies*

*Пер. с англ. и науч. ред. Е. Ю. Харитонова, Е. В. Андропова, А. С. Бондаренко*

М.: ТЕХНОСФЕРА,  
2019. – 736 с.,  
ISBN 978-5-94836-505-3

В книге рассмотрен широкий круг измерительных задач в СВЧ-диапазоне. В центре внимания – измерения активных и пассивных устройств с использованием новейших методик векторного анализа цепей, методики их калибровки, подходы к анализу полученных результатов. Приведены практические примеры измерений параметров таких устройств, как кабели и соединители, линии передачи, фильтры, направленные ответвители и др.

Автор книги – инженер-разработчик с 30-летним стажем – работал над широчайшим кругом измерительных задач в СВЧ-диапазоне: от компонентов сотового телефона до спутниковых мультимплексов.

Книга станет прекрасным практическим руководством для инженеров-метрологов и разработчиков ВЧ- / СВЧ-устройств, занимающихся моделированием и тестированием как отдельных узлов радиоэлектронной аппаратуры, так и законченных изделий, к примеру систем спутниковой связи, радиолокации и радионавигации. Крайне полезной данная книга будет и в процессе обучения студентов радиотехнических специальностей.

#### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)