

дательно, потому что она будет хорошей альтернативой во время планового и внепланового отключения питания основных светофоров.

#### Литература

1. Sinha, R. S. A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT / R. S. Sinha, Y. Wei, S. H. Hwang // Ict Express. – 2017. – Vol. 3, N 1. – P. 14–21.

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПРОГРАММА ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ

**М. А. Вегера, К. Е. Коршунов, И. Д. Костюченко**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Н. В. Грунтович

*Представлена компьютерная программа для выявления дефектов в подшипниках качения, рассмотрен принцип действия и преимущества.*

**Ключевые слова:** подшипники, вибродиагностика, спектрограмма, программный комплекс.

Для обеспечения надежности оборудования в республике существует около 190 лабораторий в области технической диагностики, а по вибродиагностики – только 5 лабораторий. Такая наука, как техническая диагностика не изучается при подготовке инженеров-электриков, механиков, энергетиков согласно учебным планам. Специалисты заводских лабораторий обучаются на краткосрочных курсах в республике или за рубежом в зависимости от того, в какой стране приобретается вибродиагностическое оборудование. Поэтому ставятся сложные задачи перед специалистами заводских лабораторий при организации диагностических работ. Прежде всего, это оказывает влияние на качество и достоверность результатов диагностирования.

Подшипники используются во всех устройствах, связанных с электричеством, в транспортных средствах, промышленном оборудовании – присутствуют именно подшипники качения, особенности которых определяют работу узлов вращения. Установка некачественного подшипника может привести к непоправимым последствиям. Ещё до ввода в эксплуатацию необходимо определить степень риска наличия дефекта у нового подшипника. Для этого нужно определить такие параметры, как внутренний диаметр  $d$ , мм, внешний диаметр  $D$ , мм, радиус тел качения  $R$ , мм, число тел качения  $N$ , шт, начальную частоту  $f_0$ , Гц, частоту вращения  $f_1$ , об/мин.

По спектрам вибрации можно определить заводские дефекты подшипников качения в процессе эксплуатации: перекос внутреннего кольца; перекос наружного кольца; трещины на внутреннем кольце; износ сепаратора; неоднородный радиальный натяг; износ тел качения; загрязнение смазки.

Таким образом, была разработана программа для снятия анализа и расчета степени риска подшипников качения, основанная на преобразовании Фурье.

Для работы с программой «Таямніца-2» пользователь должен иметь представление о работе с базами данных, обладать необходимой технической подготовкой в области вибрационной диагностики.

Внешний вид программы «Таямніца-2» представлен на рис. 1. Все функции программы доступны через соответствующие кнопки.

После выбора диагностируемого оборудования программа переходит в банк данных и после нажатия кнопки «Выбрать для диагностики», программа автоматически рассчитает и выведет на экран форму с диагностической моделью оборудования (рис. 2).

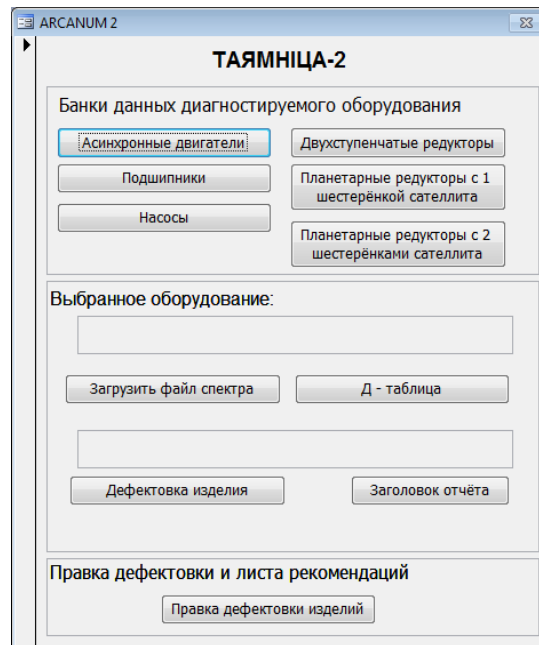


Рис. 1. Интерфейс программы «Таямница-2»

Диагностическая модель оборудования: 307			0-радиальная, 1-ось: 0			0-эксперимент, 1-ISO: 0		
f0:	50	Amin: 75,690702	Amax: 79,717703	f18:	3000	Amin: 30,753164	Amax: 54,691961	
f1:	0,407833322	Amin: 71,801413	Amax: 77,014868	f19:	0,8156666438	Amin: 71,801413	Amax: 77,014868	
f2:	10,48714256	Amin: 34,869841	Amax: 39,277319	f20:	0	Amin: 0	Amax: 0	
f3:	36,70499897	Amin: 29,7409	Amax: 38,216986	f21:	0,815666644	Amin: 71,801413	Amax: 77,014868	
f4:	256,9349928	Amin: 32,092772	Amax: 55,570204	f22:	0,4078333219	Amin: 71,801413	Amax: 77,014868	
f5:	73,40999794	Amin: 30,062193	Amax: 47,824697	f23:	0	Amin: 0	Amax: 0	
f6:	146,8199959	Amin: 29,910986	Amax: 52,655409	f24:	0	Amin: 0	Amax: 0	
f7:	13,98285675	Amin: 30,272928	Amax: 37,917768	f25:	0	Amin: 0	Amax: 0	
f8:	97,87999725	Amin: 43,320036	Amax: 64,515371	fr1:	0	Amin: 0	Amax: 0	
f9:	45,88124871	Amin: 63,870153	Amax: 67,938635	fr2:	0	Amin: 0	Amax: 0	
f10:	321,168741	Amin: 31,996191	Amax: 59,341795	fr3:	0	Amin: 0	Amax: 0	
f11:	47,19214153	Amin: 63,870153	Amax: 67,938635	fvrс1:	0	Amin: 0	Amax: 0	
f12:	26,21785641	Amin: 31,564238	Amax: 67,668447	fzуб:	0	Amin: 0	Amax: 0	
f13:	2248,181187	Amin: 24,094847	Amax: 43,734083	fvrс2:	0	Amin: 0	Amax: 0	
f14:	330,3449907	Amin: 29,326422	Amax: 57,331121	fc1:	0	Amin: 0	Amax: 0	
f15:	0	Amin: 0	Amax: 0	fc2:	0	Amin: 0	Amax: 0	
f16:	0	Amin: 0	Amax: 0	2f0:	100	Amin: 43,320036	Amax: 77,014868	
f17:	100	Amin: 43,320036	Amax: 64,515371	2f1:	0,8156666438	Amin: 71,801413	Amax: 77,014868	

Рис. 2. Вид формы с диагностической моделью оборудования

Как только диагностическая таблица заполнена и сохранена в базе, либо выбрана из базы, проводится дефектовка изделия по имеющемуся файлу со спектром вибраций. Для этого необходимо нажать на кнопку «Загрузить файл спектра» и выбрать необходимый файл.

Для получения отчета нужно нажать кнопку «Дефектовка изделия». После обработки данных программа сохранит файл в виде документа электронной таблицы Excel (рис. 3).

Объект: ГГТУ								
Диагностируемое оборудование: 307								
Результаты вибрационного диагностирования: (по эксперименту, радиальная)								
Номер	Частота	A_мин	A_тек	A_макс	Износ	Дефект	Степень риска	Рекомендации
0	0.408	71,801	76,760	77,015	Максимальный	Нарушение балансировки	0,951	
1	10.487	34,870	36,551	39,277	Нормальный	Дефект сепаратора	0,381	
2	36.705	29,741	36,648	38,217	Максимальный	Дефект тел качения	0,815	
3	256.935	32,093	55,570	55,570	Максимальный	Дефект тел качения	1,000	
4	73.410	30,062	44,090	47,825	Максимальный	Раковины на НК; неравномерность зазоров между кольцами и телами качения	0,790	
5	146.820	29,911	43,369	52,655	Средний	Перекус наружного кольца	0,592	
6	13.983	30,273	33,528	37,918	Нормальный	Дефекты внутреннего кольца	0,426	
7	97.880	43,320	61,000	64,515	Максимальный	Дефекты внутреннего кольца	0,834	
8	45.881	63,870	67,780	67,939	Максимальный	Дефекты внутреннего кольца	0,961	
9	321.169	31,996	56,484	59,342	Максимальный	Дефекты внутреннего кольца	0,896	
10	47.192	63,870	67,780	67,939	Максимальный	Дефекты сепаратора	0,961	
11	26.218	31,564	59,327	67,668	Максимальный	Дефекты сепаратора	0,769	
12	2248.181	24,095	32,425	43,734	Нормальный	Дефекты сепаратора	0,424	
13	330.345	29,326	50,283	57,331	Средний	Дефекты сепаратора	0,748	
14	0.816	71,801	76,760	77,015	Максимальный	Овальность внутреннего кольца	0,951	

Рис. 3. Вид файла отчета

Таким образом, программа «Гаямніца-2» позволяет производить вибродиагностирование подшипников качения на специальном стенде перед установкой на механизм. Полученное заключение позволит убедиться в исправности или наличии дефектов на подшипниках качения.

#### Литература

1. Грунтович, Н. В. Типовые ошибки при вибродиагностировании энергетического оборудования / Н. В. Грунтович, А. А. Алферов, П. М. Колесников // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2010. – №. 1 (40). – С. 72–081.
2. Панфилов, А. М. Применение компьютерных программ в исследовании подшипников качения / А. М. Панфилов, И. В. Петров, Н. В. Грунтович. – 2018.
3. Грунтович, Н. В. Повышение безотказности подшипников качения в условиях эксплуатации / Н. В. Грунтович. – 2019.