

Разработка алгоритмов диагностики дефектов роторных машин

Студентка: САПУНОВА Е.В., 5 курс, 33 гр., ЭМФ, ИГЭУ.

Руководитель: КОЛОБОВ А.Б., к.т.н., доцент, ИГЭУ.

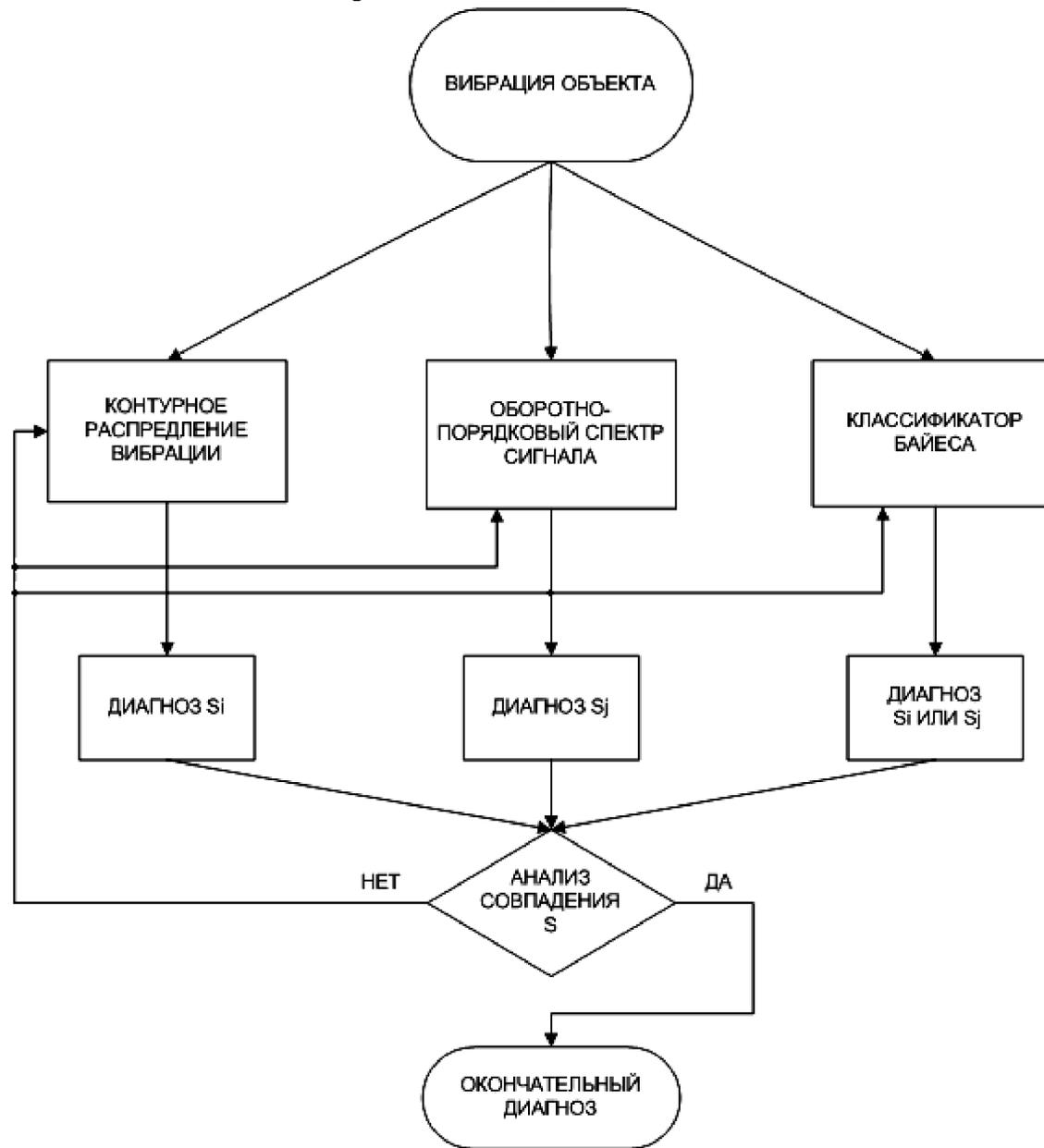
Постановка задачи

Разработка статистического метода постановки диагноза на основе классификатора Байеса с целью дополнения алгоритмов диагностики по общему уровню вибрации и спектру для повышения достоверности диагноза

Цель

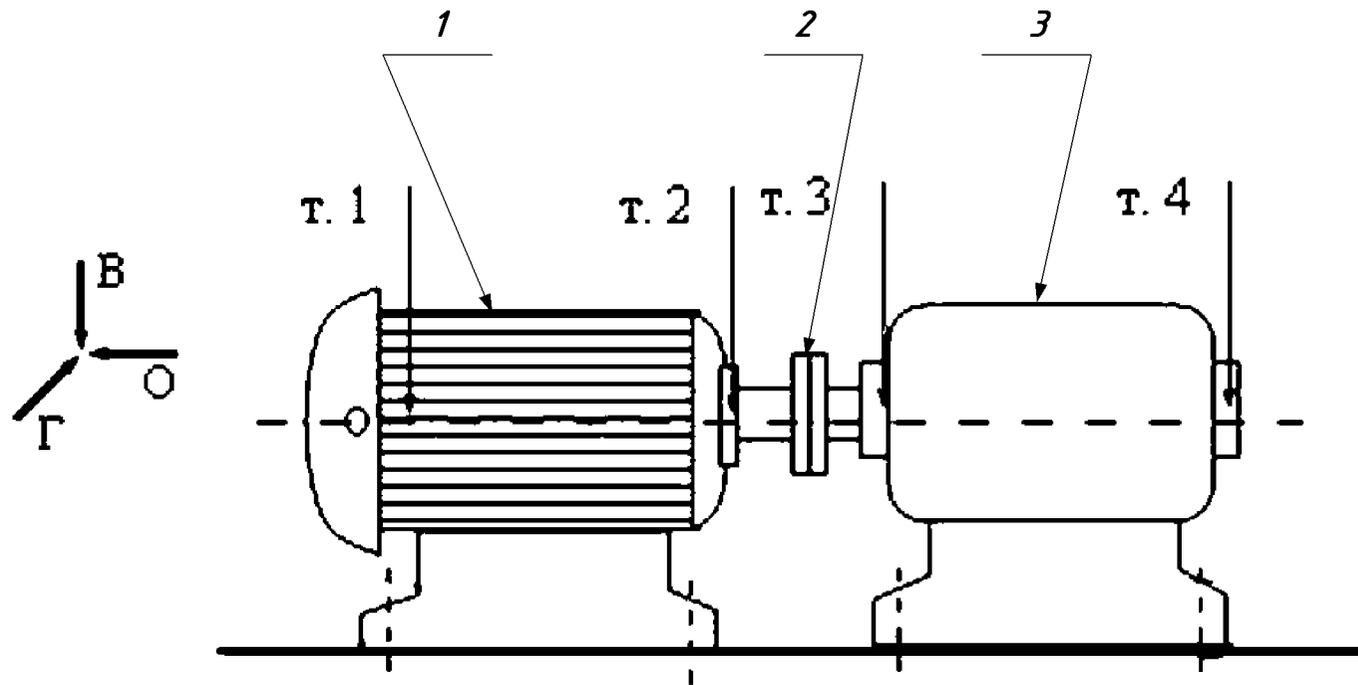
1. Разработать алгоритм диагностики на основе контурного распределения вибрации по точкам контроля;
2. Разработать алгоритм спектральной диагностики на основе анализа оборотно-порядкового спектра;
3. Произвести модельный анализ возможностей применения классификатора Байеса для постановки диагноза распространенных дефектов машин .

Алгоритм диагностики



Кинематическая схема диагностируемого объекта

Питательный электронасос



1) Электродвигатель;

2) Соединительная муфта;

3) Агрегат (насос)

Направления измерения
вибрации:

«Г»-горизонтальное;

«В»-вертикальное;

«О»-осевое

T. 1- задний подшипник
двигателя;

T.2-передний подшипник
двигателя;

T.3-передний подшипник насоса;

T.4-задний подшипник насоса

Контурное распределение



Распознавание по расстоянию до эталона (по информативным точкам)

Эвклидово расстояние

$$L\left(V_j^t{}^{m+1}, V_z\right) = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left(v_j^t{}^{m+1} - v_z\right)^2}$$

Квадрат расстояния

$$L\left(V_j^t{}^{m+1}, V_z\right) = \sum_{j=1}^n \left(v_j^t{}^{m+1} - v_z\right)^2$$

Расстояние Хемминга

$$L\left(V_j^t{}^{m+1}, V_z\right) = \sum_{j=1}^n \left|v_j^t{}^{m+1} - v_z\right|$$

Решающая функция

если $L_{\min}\left(V_j^t{}^{m+1}, V_z\right) = \text{MIN}\left\{L\left(V_j^t{}^{m+1}, V_z\right)\right\}$, то объект с вектором

$V_j^t{}^{m+1}$ принадлежит Sq .

где t_{m+1} - время каждого последующего измерения

Sq – верифицированное техническое состояние, принадлежащее определенному типу оборудования.

Алгоритм анализа ОПС и дополнительных параметров

- 1) Радиальное направление на ЗПД (ППД), $V1 > V2 > 2V3$, $V100$ мала
- 2) Радиальное направление на ЗПД (ППД),
 $V1 > 5V2 > V3$, $0.96 < K_{ass} < 1.04$
- 3) Радиальная и осевая мала, $V100$ мала
- 4) Радиальное направление на ЗПД (ППД), $V1 > 1.5V2 \geq V3$, $V100$ мала
- 5) Радиальная и осевая мала
- 6) Радиальное и осевое направление на ЗПД (ППД),
 $V1 > 5V2 > V3$
- 7) Радиальное и осевое на ЗПД (ППД),
 $V1 > 5V2 > V3$
- 8) Радиальное и осевое на ЗПД (ППД),
 $V1 > 5V2 > V3$

- 1) Осевое направление на ППН (ЗПН), $V1 > V2 > 2V3$, $V100$ мала
- 2) Радиальное направление на ППН (ЗПН),
 $V1 > 5V2 > V3$, $0.96 < K_{ass} < 1.04$
- 3) Радиальное направление на ППН (ЗПН),
 $V1 > 3V2 \geq V3$, осевая мала, $V100$ мала
- 4) Радиальное направление на ППН (ЗПН),
 $V1 > 1.5V2 \geq V3$, $V100$ мала
- 5) Радиальная и осевая мала
- 6) Радиальное и осевое направление на ППН (ЗПН),
 $V1 > 5V2 > V3$
- 7) Радиальное и осевое на ППН (ЗПН),
 $V1 > 5V2 > V3$
- 8) Радиальное и осевое на ППН (ЗПН),
 $V1 > 5V2 > V3$

Вероятность состояния (диагноза) объекта при наличии комплекса признаков A определяется, как:

$$P(S_i|A) = \frac{P(S_i) \cdot P(A|S_i)}{\sum_{i=1}^n P(S_i) \cdot P(A|S_i)} = \frac{P(S_i) \cdot P(A|S_i)}{P(A)}$$

Где:

$P(A_j|S_i)$ - условная вероятность появления признака A_j у объектов с состоянием S_i

$P(S_i)$ - вероятность состояния S_i

Определение пороговых значений

Пороговые уровни для оценки вероятностей появления вибрации в контрольных точках принимаем как средние статистические значения для доверительной вероятности $P_{\text{дов}} = 0.9$.

$n=6$ – число измерений (объем выборки)

$t=2.02$

$$S_{a_{\text{пор}}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \text{ -СКО среднего значения порога}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \tilde{a}_{\text{пор}})^2}{n - 1}} \text{ -СКО порогового значения для данной выборки}$$

$$a_{\text{пор}} = \tilde{a}_{\text{пор}} \pm t \cdot S_{a_{\text{пор}}}$$

где t –коэффициент Стьюдента

Полученная диагностическая матрица

Состояние S_i	Признак								$P(S_i)$
	A_1		A_2		A_3		A_4		
	$P(A_{11} S_i)$	$P(A_{12} S_i)$	$P(A_{21} S_i)$	$P(A_{22} S_i)$	$P(A_{31} S_i)$	$P(A_{32} S_i)$	$P(A_{41} S_i)$	$P(A_{42} S_i)$	
S_1	1	0	0.8	0.2	0.8	0.2	0.8	0.2	0.25
S_2	0.67	0.33	0.67	0.33	0.8	0.2	0.8	0.2	0.15
S_0	0	1	0.17	0.83	0	1	0	1	0.6

График изменения появлений диагностических признаков при различном сочетании вероятностей состояния

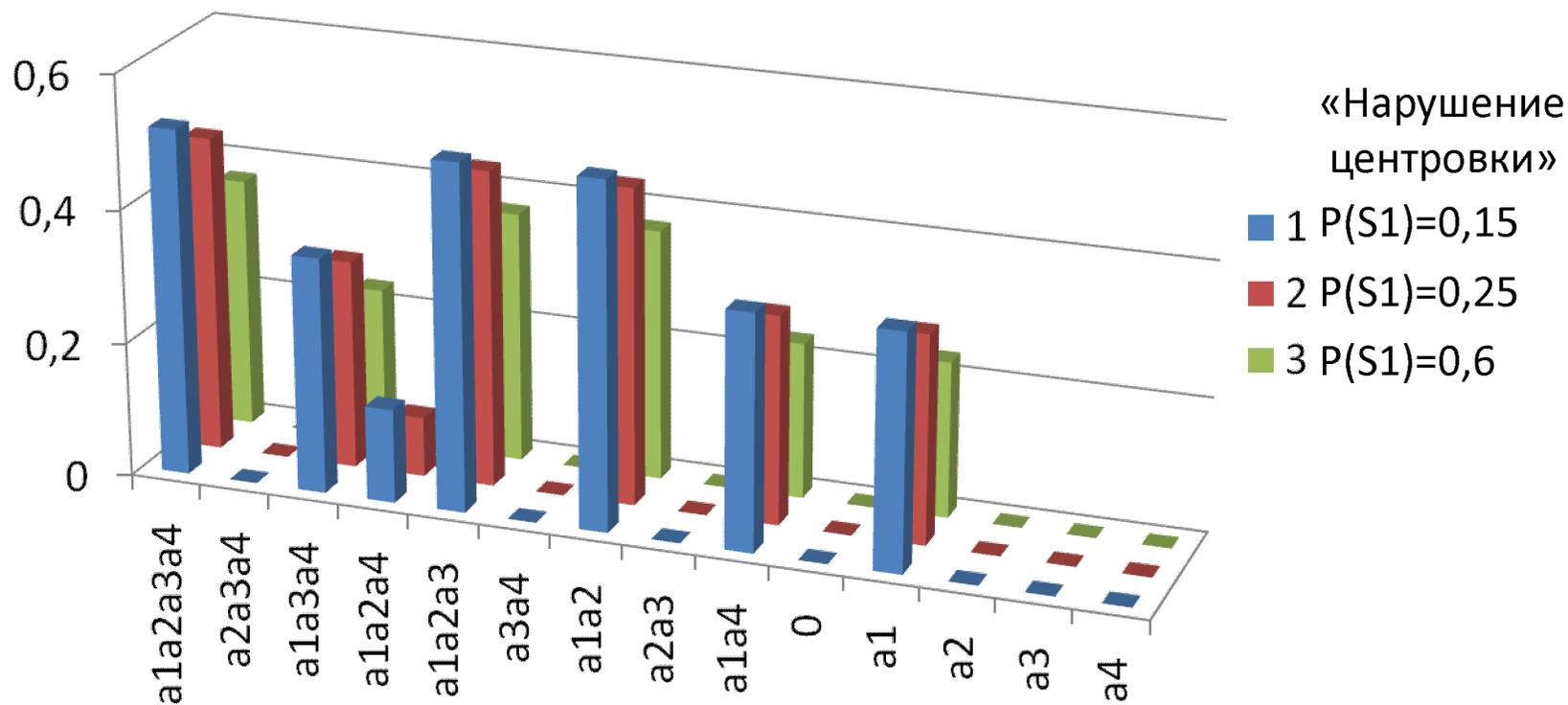


График изменения появлений диагностических признаков при различном сочетании вероятностей состояния

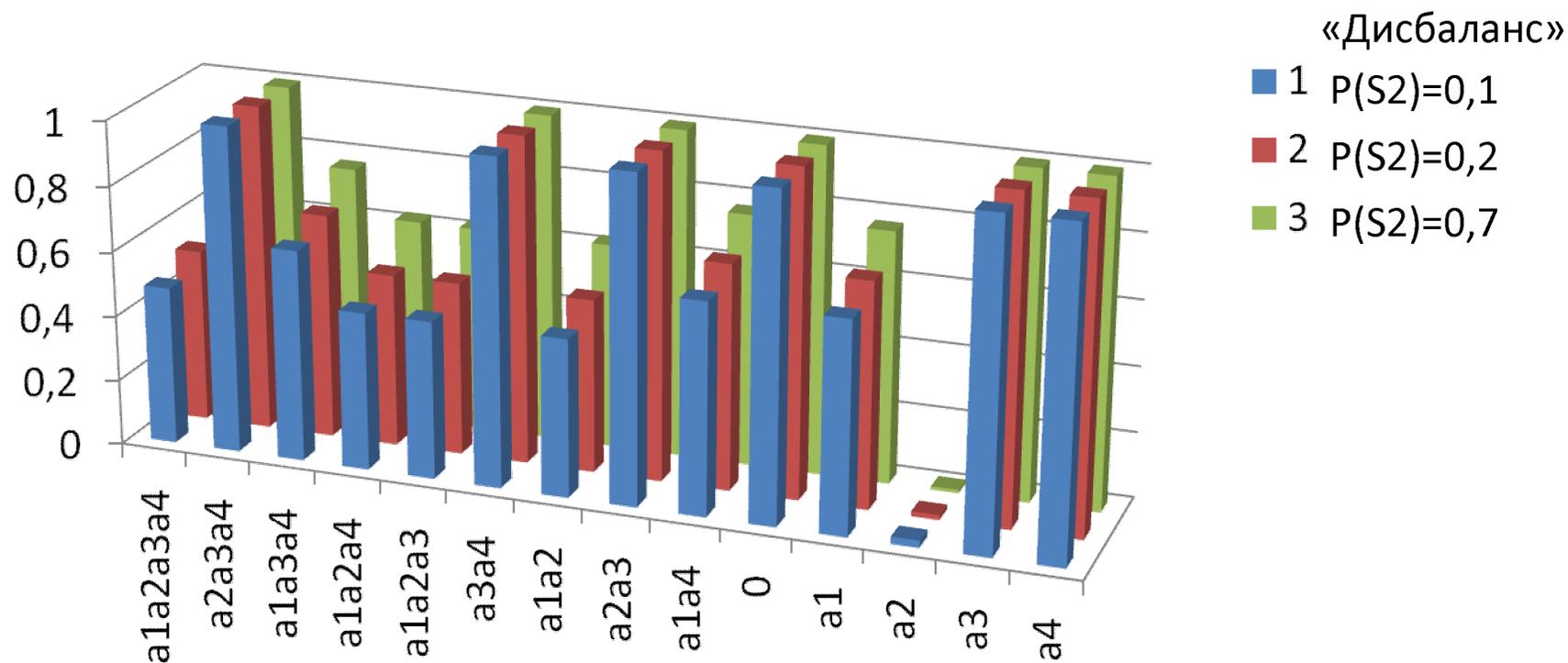
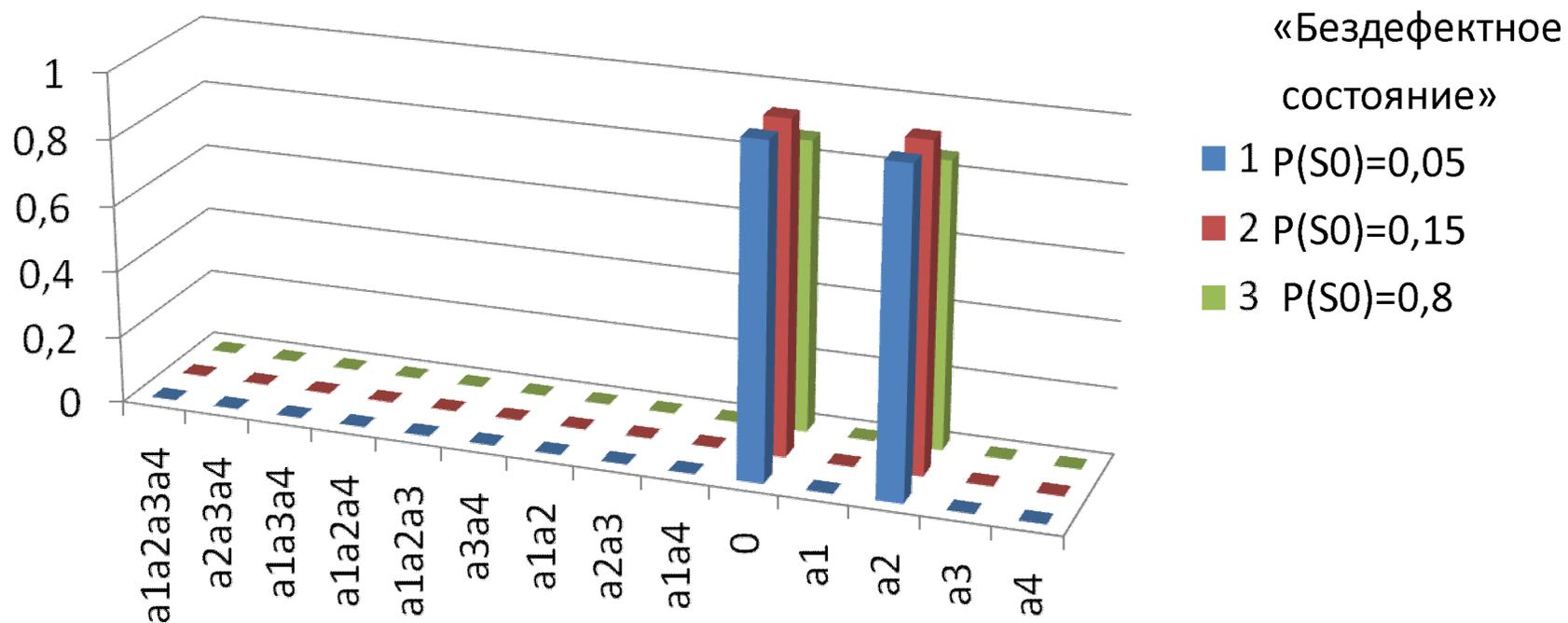


График изменения появлений диагностических признаков при различном сочетании вероятностей

СОСТОЯНИЯ



Вывод:

- Произведена разработка метода диагностики на основе контурного распределения вибрации по точкам контроля с выделением наибольших информативных точек;
- Выполнен анализ спектрального метода диагностики;
- Проведен модельный анализ возможностей применения классификатора Байеса для постановки диагноза распространенных дефектов машин.

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!**