

## ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**УДК 681.518.54**

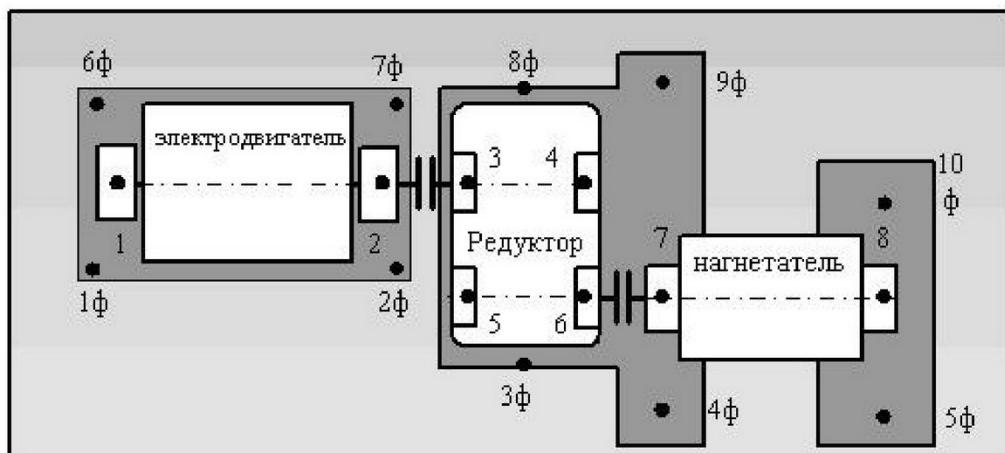
**Б.Л. Герике, П.Б. Герике, В.В. Акимочкин**

### **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МУЛЬТИПЛИКАТОРОВ КОМПРЕССОРОВ ПО ПАРАМЕТРАМ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ**

Для получения объективной информации о фактическом техническом состоянии компрессорной установки с нитрозным нагнетателем был применен метод вибродиагностики. Работа по проведению вибродиагностического обследования выполнена в соответствии с требованиями действующих норм, стандартов и ГОСТов.

сти.

Измерения и анализ параметров вибрации произведены с использованием коллектора/анализатора «СК-2300» и программного обеспечения «Виброанализ» версия 2.52 фирмы «Оргтехдиагностика». Общий уровень вибрации измерен прибором «VIBROMETER 25» № фирмы



*Рис..1. Схема расположения точек замеров вибрации*

В качестве объекта контроля выбран мультипликатор (редуктор) Р-1800/2,72 нитрозного нагнетателя ТК 540-41-1 с приводом от электродвигателя, эксплуатирующийся в КАО «АЗОТ».

Целью диагностического обследования было получение объективной информации о фактическом техническом состоянии мультипликатора, необходимой для выявления зарождающихся и развитых дефектов и оценки степени их опасности.

«SCHENCK». Контрольные точки замера вибрации компрессора приведены на рис.1.

Основные частотные параметры агрегата:

- число зубьев колеса  $z_1 = 105$ ;
- число зубьев быстроходной шестерни  $z_2 = 37$ ;
- частота вращения ротора электропривода, тихоходной шестерни редуктора –  $f_{r1} = 49$  Гц;
- частота вращения ротора компрессора, быст-

*Таблица 1. Параметры оценок механических колебаний\**

Наименование оборудования, элементов	Значение эффективной скорости вибрации мм/с, в частотном диапазоне 10...1000 Гц			
Оценка	хорошо	допустимо	требует принятия мер	недопустимо
электродвигатель редуктор компрессор	до 1,8	1,8...4,5	4,5...7,1	св. 7,1

\* 1. Предельно-допустимое суммарное значение виброускорения для мультипликатора не должно превышать 160 м/с<sup>2</sup>, а среднее квадратическое значение виброускорения отдельных гармонических составляющих в полосе частот 10...3000 Гц не должно превышать 36 м/с<sup>2</sup> («Ростехэкспертиза» СА 03-001-05 Приложение Б, таблица Б.2)

2. Согласно критериям оценки колебания подшипников в частотном диапазоне от 10 до 1000 Гц [1] – для изношенных машин ремонт производится, при параметрах виброскорости от 18 до 32 мм/с или 150 дБ (Инструкция по применению приборов фирмы «SCHENCK»)

Таблица 2. Общий уровень вибрации в диапазоне 10...1000 Гц, мм/с

№ точки	Описание	Направление измерения		
		Вертикальная	Горизонтальная	Осьвая
1	Электродвигатель, свободный конец	1,2	1,7	2,6
2	Электродвигатель, сопряжение	2,2	1,8	2,7
3	Редуктор, сопряжение с электродвигателем	4,9	4,2	7,7
4	Редуктор, свободный конец	4,6	3,3	5,0
5	Редуктор, свободный конец	5,7	4,7	5,2
6	Редуктор, сопряжение с нагнетателем	6,3	5,7	6,9
7	Нагнетатель, сопряжение с редуктором	1,2	2	3,2
8	Нагнетатель, свободный конец	0,5	0,5	2,1

Таблица 3. Величина среднеквадратического значения виброускорения в диапазоне частот 10...5000 Гц,  $a_{\text{СКЗ}}$ , м/с<sup>2</sup>

Направление измерения	№ п/п контрольных точек							
	1	2	3	4	5	6	7	8
вертикальное	12,40	48,61	121,93	97,47	<b>158,16</b>	<b>200,69</b>	34,06	13,56
горизонтальное	2,98	35,61	97,96	<b>157,02</b>	129,79	<b>183,66</b>	18,18	8,63
осевое	3,03	36,47	106,44	<b>155,69</b>	139,73	<b>202,87</b>	-	-

роходного вала редуктора  $f_{r2} = 142$  Гц;  
–частота пересопряжения зубьев  $-f_z = 5145$  Гц.

Предельно-допустимая амплитуда колебаний фундаментов машин с вращающимися частями при частоте вращения свыше 1500 об/мин составляет 0,05 мм в горизонтальном направлении (СНиП 2.02.05-87).

Оценка вибрационного состояния нитрозного агрегата проводится согласно ГОСТ ISO 10816-1-97.

Как показал опыт эксплуатации подобного типа компрессоров, для оценки состояния мультиплексора необходимо рассматривать, как минимум, частотный диапазон 10...5000 Гц.

Состояние зубчатого зацепления характеризуется как тяжёлое, порождаемое в зацеплении высокочастотная вибрация не может демпфироваться смазочным слоем в зубчатом зацеплении, масляным клином подшипников и массивным корпусом. Спектр вибрации имеет сложный характер: наблюдается виброактивность в широкой полосе частот. В частности, он содержит преобладающие составляющие на частотах 1134,37; 1276,56 и 1417 Гц ( $f_m$ ), являющиеся гармониками частоты вращения быстроходного вала-шестерни  $(8, 9, 10) \times f_{r2}$ . Широкая полоса возбуждаемых частот 600...1700 Гц и 2200...2800 вызвана неравномерным износом зубьев (накопление циклической погрешности

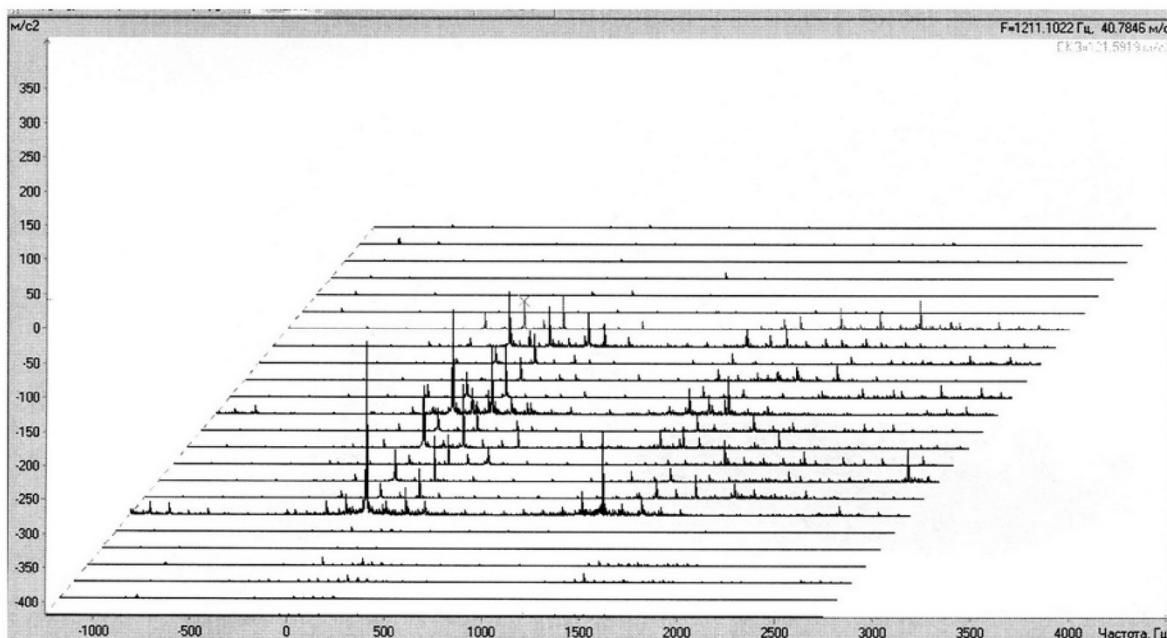


Рис. 2. Каскадный спектр вибрации в шестой контрольной точке

зацепления) и изменением профиля контакта из-за сильного износа (до появления питтингов). Уровни виброускорения в контрольных точках высокие – до  $200 \text{ м/c}^2$ . Частота вибрации сигнала зависит от формы дефекта, а амплитуда – от его размеров [2].

После проведенных мероприятий по настройке зубчатой передачи (табл. 2) характер вибрации практически не изменился, интенсивность вибрации находится в допустимых границах, и только в 6 контрольной точке несколько возросла.

Однако измеренные значения виброускорения (табл.3) показывают значительное (на порядок) превышение допустимого уровня в 4, 5 и 6 контрольных точках (возможно, отсутствует приработка зубчатого зацепления в новом положении).

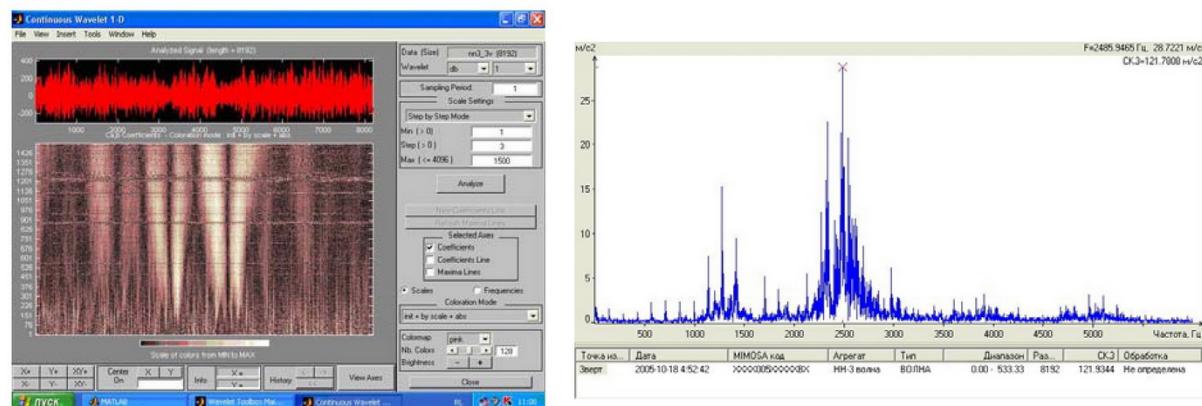


Рис.3. Сигнал, его вейвлет-преобразование и спектр виброускорения в 3 контрольной точке (вертикальное направление измерения)

Общее техническое состояние мультиплексора по параметрам вибрации оценивается как недопустимое. Проведенная настройка мультиплексора не привела к улучшению процессов зацепления зубчатой передачи. В связи с этим эксплуатация мультиплексора нецелесообразна и опасна из-за значительного износа зубчатого зацепления и повышенного шума в рабочей зоне.

В качестве рекомендации может быть предложена обкатка редуктора без нагрузки с применением современных ремонтных паст до понижения уровня вибрации 7,1...9,0 мм/с. После применения предложенных рекомендаций, будет воз-

можна временная эксплуатация нитрозного нагнетателя при нагрузке до 80% от проектной мощности.

В качестве обязательной меры предотвращения возникновения аварийного отказа предлагается применять мониторинг технического состояния в контрольных точках мультиплексора. В обязательном порядке производить аварийную остановку нитрозного нагнетателя при достижении уровня интенсивности вибрации  $V_e = 18 \text{ мм/с}$  или при скачкообразном изменении виброскорости  $V_e > 1 \text{ мм/с/час}$  или виброускорения  $a_{\text{скз}} > 5 \text{ м/с}^2/\text{час}$ .

Для внедрения профилактического обслуживания оборудования необходимо организовать работу по созданию нормативно-методической

базы прогнозирования и оценки технического состояния диагностируемого оборудования по параметрам механических колебаний. Для этой цели как нельзя более подходит мониторинг, позволяющий не только своевременно получать достоверную информацию о состоянии оборудования, но и накапливать значительный объем статистической информации, на основе которой могут быть построены прогностические модели развития дефектов, служащие основой своевременной безаварийной остановки технологического оборудования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канадская государственная спецификация CDA/VS/NVSH 107 «Предельные значения механических колебаний для проведения техобслуживания»
  2. Герике Б. Л. Мониторинг и диагностика технического состояния машин и агрегатов. - Кемерово. КузГТУ.1999.
  - Авторы статьи:
- |   |   |   |
|---|---|---|
| <p>Герике<br/>Борис Людвигович<br/>- докт.техн.наук, проф.,<br/>главный научный сотрудник<br/>Института угля и углехимии СО РАН</p> | <p>Герике<br/>Павел Борисович<br/>- канд. техн. наук, научный<br/>сотрудник Института<br/>угля и углехимии СО РАН</p> | <p>Акимочкин<br/>Вячеслав Васильевич<br/>- эксперт ОАО «А.Н.К.»</p> |
|---|---|---|