

УДК 621.515

**ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ
ВИБРАЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ**

Р.Р. ЗАЛЯЕВ

*Казанский кооперативный институт (филиал) АНОО ВО Центросоюза
Российской Федерации «Российский Университет Кооперации».
Россия, 420081, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Ершова, 58.*

1. **Аннотация.** Статья посвящена опыту внедрения системы вибрационной диагностики динамического оборудования (компрессоров, насосов) на крупном химическом предприятии, предпринята попытка обобщения некоторых результатов от внедрения. Описаны вопросы выбора нормативов оценки параметров вибрации, периодичности контроля оборудования. Описана структура системы мониторинга вибрации, которая состоит из стационарных приборов контроля вибрации для наиболее важного оборудования и переносных приборов для сбора, обработки и ведения базы данных характеристик вибрации остального оборудования. Рассмотрены факторы, влияющие на надежность эксплуатации оборудования. Приведены примеры отладки вибрации динамического оборудования на действующем предприятии. Сделаны выводы, что внедрена система вибрационной диагностики, позволяющая контролировать параметры технического состояния оборудования. Опыт эксплуатации с применением этой системы позволяет утверждать, что безаварийная работа оборудования между остановочными ремонтами возможна. Внедренная система позволяет объективно контролировать качество проведения ремонтных работ, выявлять дефекты динамического оборудования на ранних стадиях эксплуатации, надлежащим образом готовиться к проведению предстоящих ремонтных работ. Были выявлены и проблемные вопросы, которые носят системный характер.

Ключевые слова: Мониторинг, вибродиагностика, динамическое оборудование, надежность эксплуатации оборудования, техническое состояние оборудования.

**THE EXPERIENCE OF ORGANIZATION MONITORING OF
TECHNICAL CONDITION OF DYNAMIC EQUIPMENT BASED ON
VIBRATION DIAGNOSTICS**

R.R. Zalyaev

This article describes the practical implementation of the system of vibration diagnostics of rotating equipment (compressors, pumps) at a large chemical company, made an attempt of generalization of some results from the implementation. Described the selection of standards for evaluation of vibration parameters, frequency control equipment. The structure of the monitoring system of vibration, which consists of stationary devices vibration control for the most critical equipment and portable instruments for collection, processing and maintenance of a database of the characteristics vibration of other equipment. Factors affecting the reliability of equipment operation. Examples of debugging equipment vibration at the operating enterprise. It is concluded that the introduced system of vibration diagnostics, allowing to control the parameters of the technical condition of the equipment. Operating experience with these systems suggests that the safe operation of the equipment between overhauls stopping possible. The implemented system allows to objectively monitor the quality of repairs, identify defects in rotating equipment in the early stages of operation, to properly prepare for the upcoming repair work. Have been identified and the problematic issues that are systemic in nature.

Keywords: vibration monitoring, vibration diagnostics, dynamic equipment, reliability of equipment operation, the technical condition of the equipment.

Оценка технического состояния машин в процессе эксплуатации с использованием неразрушающих методов контроля является актуальной задачей.

Накопленный опыт эксплуатации различного динамического оборудования (компрессоры, насосы) показывает, что заметного повышения эффективности использования оборудования за счет снижения необоснованного простоя можно добиться за счет внедрения системы вибрационной диагностики, методы которой наиболее чувствительны к изменениям параметров технического состояния оборудования.

В данной статье предпринята попытка обобщения некоторых результатов внедрения системы вибрационной диагностики динамического оборудования на одном из предприятий химической промышленности.

Система состоит из стационарных приборов контроля и защиты, которые измеряют и анализируют в реальном масштабе времени виброперемещения шеек роторов относительно корпусов подшипников (установлены на наиболее важном оборудовании), а также переносных анализаторов вибрации, с помощью которых осуществляется контроль вибрации (среднее квадратическое значение виброскорости) на корпусных деталях агрегатов (Рис. 1).

Эта система внедрялась поэтапно на протяжении нескольких лет и в настоящее время успешно функционирует.



Рис. 1. Переносной анализатор вибрации STD-3300.

В первую очередь была создана база данных критического оборудования предприятия, определено их текущее техническое состояние, выявлены основные причины повышенной вибрации и разработаны меры по их устранению.

Допустимый уровень вибрации динамического оборудования устанавливается в соответствии с документацией завода - изготовителя (паспортом на изделие). В случае отсутствия в документации указанных параметров (например, для оборудования, выпущенного много лет назад) они устанавливались в соответствии с системой международных и национальных стандартов.

Основополагающей здесь является группа международных стандартов ИСО 10816. Многие из этих стандартов введены в действие непосредственно в качестве государственного стандарта Российской Федерации [1, 2].

Периодичность проведения измерений вибрации, если они проводятся с помощью переносных виброизмерительных приборов, была принята в соответствии с методическими рекомендациями [3].

В ходе внедрения мониторинга технического состояния динамического оборудования были выявлены основные проблемные вопросы, которые влияют на надежность оборудования:

1. **Основное оборудование на важных производствах не имеет резерва.** В случае выхода из строя уникальных узлов и деталей нет возможности заменить их на новые.

2. **Ремонтные работы проводятся только раз в год в сжатые сроки останова производства.** После разборки и дефектовки узлов и деталей оборудования иногда обнаруживаются дефекты, не предусмотренные первоначальной дефектной ведомостью. Если ремонтные работы не могут быть выполнены в период текущего останова, то они откладываются до следующего остановочного ремонта.

3. **Оборудование морально и физически устарело.** Оборудование основных цехов эксплуатируется иногда от 25 до 40 лет и более. Согласно статистическим данным, для такого оборудования, ремонт с простой заменой деталей и узлов не всегда приводит к желаемым результатам.

В качестве примера приведем случай отладки компрессора при возникновении автоколебаний ротора [4]. Измерения уровня вибрации и его частотный анализ выявили наличие автоколебаний ротора, опирающегося на подшипники с «лимонной» расточкой, на субгармонической частоте 70,3 Гц при частоте вращения, равной 209,35 Гц (Рис. 2).

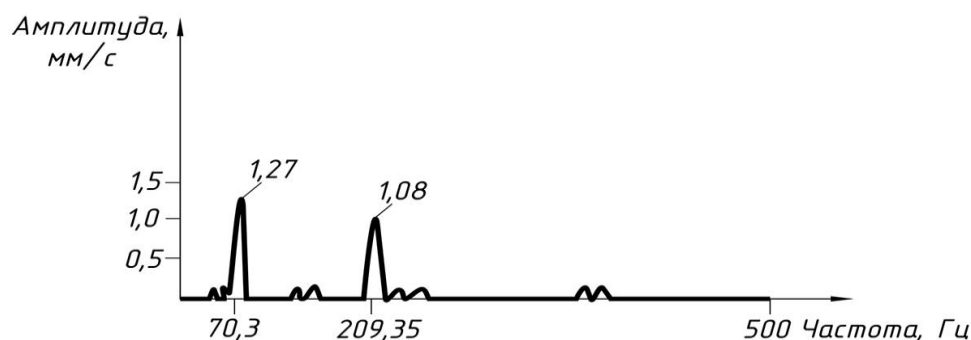


Рис. 2. Спектр частот вибрации компрессора с явлением «автоколебаний».

Для устранения этих автоколебаний, было принято решение заменить устаревшие подшипники с «лимонной» расточкой на более виброустойчивые – с самоустанавливающимися колодками. После этого автоколебания ротора исчезли. Спектр частот вибрации компрессора после модернизации подшипников приведен на Рис. 3.

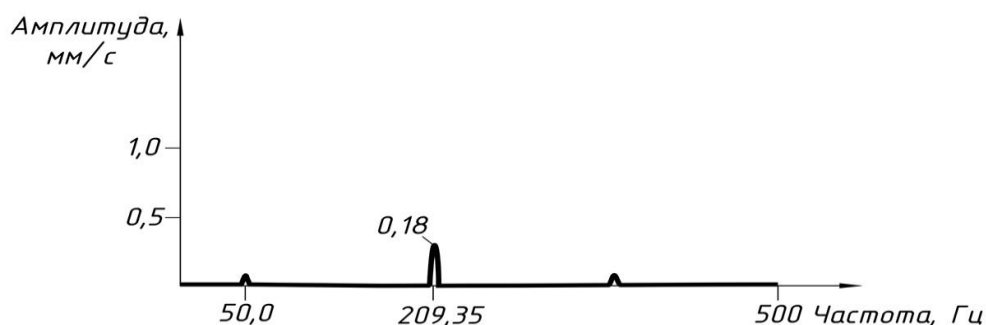


Рис. 3. Спектр частот вибрации компрессора после модернизации.

4. **Плохое состояние фундаментов.** Состояние фундаментов может быть обусловлено несколькими факторами: разрушение вследствие длительного срока эксплуатации; недостаточное качество изготовления и монтажа; длительное динамическое воздействие установленного на них оборудования; разрушающее воздействие от попадания масла; просадка и даже разрушение фундаментов машин.

5. Низкое качество ремонтных работ. Во многом это обусловлено недостаточной квалификацией ремонтного персонала, а также отсутствием качественных технических условий на ремонт.

Например, технические условия на капитальный ремонт турбокомпрессоров Невского машиностроительного завода, принятые в 1994 г. не содержат многих сведений. В них практически отсутствуют указания по порядку разборки и дефектовки, не указан перечень часто встречающихся неисправностей, не приведены методы восстановления и ремонта узлов и деталей; Отсутствует раздел, посвященный применению методов вибрационной диагностики.

6. Низкое качество проектных и монтажных работ. В ряде случаев возникает вибрация оборудования, имеющая резонансную природу.

Приведем пример. Измерения вибрации экструзионной линии выявили повышенную вибрацию редуктора экструдера на частотах вращения шнека в диапазоне 60-70 об/мин. Для выяснения причины повышенной вибрации была снята амплитудно-частотная характеристика (далее АЧХ) – зависимость вибрации экструдера от частоты вращения шнека. На частоте вращения шнека 69 об/мин вибрация экструдера увеличивалась в 4 раза по сравнению с вибрацией на рабочей частоте вращения (107 об/мин), то есть вибрация имеет явно выраженный резонансный характер (Рис. 4).

Выяснилось, что в ходе ремонтных работ была изменена компоновка экструдера, в результате чего повысился уровень вибрации. По нашей рекомендации компоновка агрегата была восстановлена, после чего резонансные явления пропали.

7. Недостаточный входной контроль запасных частей и материалов, поставляемых для ремонта. Не ведется входной контроль подшипников качения (хотя их низкое качество в последние годы известно). Отсутствует входной контроль поставляемых роторов (в формуляры не заносится карта биений, не проверяется остаточная неуравновешенность). Не проверяется качество смазочных материалов, поступающих на предприятие.

8. Отсутствие современного инструмента и оснастки для проведения ремонтных работ. Например:

1. Отсутствует оборудование для индукционного нагрева насаживаемых деталей при монтаже. Индукционный нагрев (по сравнению с нагревом в масляной ванне, подогревательной печи) имеет ряд преимуществ, а именно равномерность нагрева и точность поддержания температуры, быстрота процесса нагрева, безопасность, простота и удобство применения, высокая производительность.

2. Желательным является наличие динамометрических ключей, служащих для обеспечения требуемых моментов затяжки при сборке резьбовых соединений. Несоблюдение моментов при затяжке приводят к

различным нарушениям жесткости опорной системы: фундаментной плиты, рамы, корпусных элементов, подшипниковых опор, неподвижных деталей подшипников и др. Все эти дефекты приводят к изменению характера вибрации машины и уменьшению межремонтного интервала.

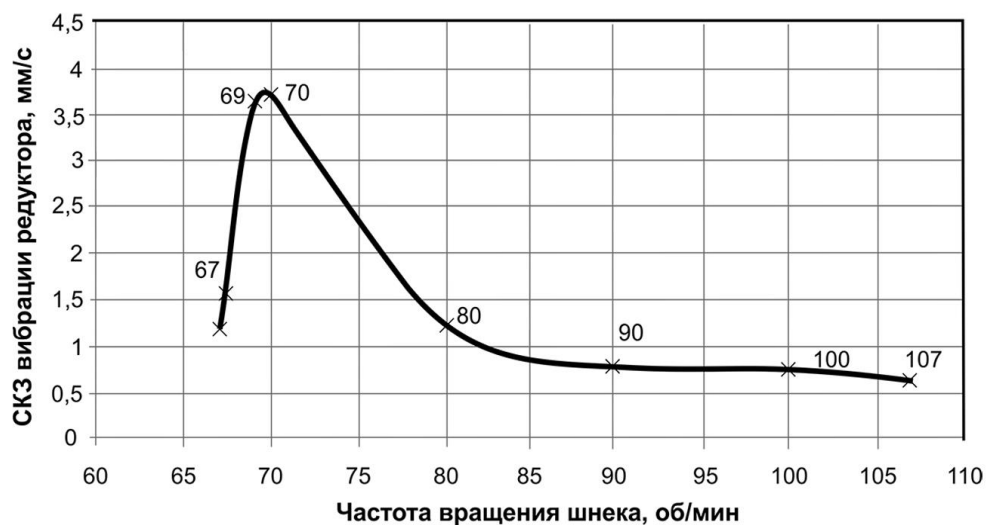


Рис. 4. АЧХ вибрации редуктора экструдера.

3. Необходимо применять лазерные приборы профессионального класса, которые позволяют проводить качественную центровку компрессорных агрегатов, выверку плоскостности, параллельности и прямолинейности фундаментов, рам и направляющих.

9. Недостаточность имеющихся стационарных систем контроля уровня вибрации и защиты.

В настоящее время лишь часть основного оборудования оснащена стационарными системами контроля и защиты по вибрации.

Вместе с тем существует большое количество агрегатов, не относящихся к основным, но останов которых может привести к перебоям в технологических процессах. Целесообразно оснащать их упрощёнными системами защиты по вибрации, так называемыми виброкнопками, сигнализирующими оператору лишь о достижении допустимых уровней вибрации.

10. Нехватка квалифицированных специалистов. Объясняется это, по крайней мере, несколькими факторами:

- средний возраст специалистов приближается к пенсионному;
- недостаточный уровень профессиональной подготовки молодых рабочих. Необходимо организовать постоянно действующие курсы повышения квалификации слесарей – ремонтников, периодические тренинги и учёбы;
- недостаточный уровень оплаты труда.

11. Технологическое оборудование и технологии не соответствуют предъявляемым требованиям на сегодняшний день.

На ряде компрессорных агрегатов отсутствует контроль всех важных параметров работы в режиме реального времени, что не позволяет оперативно определять степень опасности неисправностей. Например, отсутствует замер объемной производительности компрессора, а этот параметр позволяет проводить оценку вероятности нахождения компрессора вблизи зоны помпажа.

12. Не соблюдение требований технологического регламента.

Отклонение от технологических режимов эксплуатации оборудования может привести к срыву газового потока в проточной части компрессора - помпажу, который приводит к увеличению уровня вибрации компрессора. К увеличению уровня вибрации может также привести и отложение полимеров в межступенчатых холодильниках и в проточной части компрессора.

13. Отсутствие более полной информация в ремонтной документации, формулярах на компрессорные агрегаты.

Ремонтные документы зачастую отсутствуют, или, как правило, в них содержится не вся информация, позволяющая судить о техническом состоянии агрегата. Это в итоге не позволяет вести анализ неисправностей, заблаговременно подготавливать запасные части, планировать работы по модернизации оборудования.

ВЫВОДЫ

2. Внедрена система вибрационной диагностики, позволяющая контролировать параметры технического состояния оборудования.

2. Опыт эксплуатации с применением этой системы позволяет сделать вывод, что безаварийная работа оборудования между остановочными ремонтами возможна. Многие агрегаты работают без остановов весь межремонтный период.

3. Внедренная система позволяет объективно контролировать качество проведения ремонтных работ, выявлять дефекты динамического оборудования на ранних стадиях эксплуатации, надлежащим образом готовиться к проведению предстоящих ремонтных работ.

4. Были выявлены и проблемные вопросы, которые носят системный характер и на решении которых необходимо сконцентрировать усилия на данном этапе.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ ИСО 10816-1-97 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Общие требования. Часть 1.
2. ГОСТ ИСО 10816-3-2002 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 3.
3. Методические рекомендации по проведению диагностических виброизмерений центробежных компрессорных машин и центробежных насосных агрегатов предприятий МХНП СССР. Утверждено: Минхимнефтепром СССР, 28.11.1991г., Стр. 53.
4. С.С. Евгеньев, Р.Р. Заляев, А.В. Зубринкин. Отладка центробежного компрессора при возникновении автоколебаний ротора. /Проектирование и исследование компрессорных машин. вып. 6, 2009, Казань, ЗАО «НИИтурбокомпрессор». – с. 142 – 149.

LITERATURE

1. ISO 10816-1-97 Vibration. Monitoring the machine condition according to the results of vibration measurements on non-rotating parts. General requirements. Part 1
3. ISO 10816-3-2002 Vibration. Monitoring the machine condition according to the results of vibration measurements on non-rotating parts. Part 3.
4. Guidelines for conducting diagnostic vibrometry centrifugal compressors and centrifugal pump units MHP enterprises of the USSR. Approved: Engineer the USSR, 28.11.1991, P. 53.
5. S. S. Evgeniev, R. R. Zalyaev, A. In .Zubrinken. Debug centrifugal compressor with the emergence of self-oscillations of the rotor. /Design and study of compressor machines. vol. 6, 2009, Kazan, JSC "Niiturbokompressor". – p. 142 – 149.