

ВАЖНОСТЬ ЦЕНТРОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ

4.1. Проявление НЕСООСНОСТИ

Применение центровки и интерес к ней значительно выросли с начала 1980-х годов. Непрерывный рост скорости производства продукции, мировое развитие предъявляют высокие требования к работе механизмов, их надежности и времени простоя. Появление лазерных систем и новой техники дало возможность инженерам получать требуемую точность центровки быстрее и проще, чем до сих пор, и рассматривать проблему центровки как вполне решаемую. В России в 1990-е гг одной из первых компаний-разработчиков лазерных систем была компания «Балтех», которая является лидером в центровке оборудования до настоящего времени.

4.2. Почему так важна Центровка валов?

Практически все, что вы видите или чего касаетесь, сделанное человеком в определенный момент его жизни, должно было быть произведено и доставлено. Каждый процесс производства требует передачи мощности к машине, насосу, валу, роликам, и тысяче других примеров основных составляющих процесса превращения сырого материала в продукт производства. Почти во всех случаях эта мощность передается двигателем или усилием, которое преобразуется во вращение вала и затем передается к другому валу. Подшипники, надетые на вал, дают ему возможность свободно вращаться. Оба вала должны быть каким-то образом соединены для передачи мощности через это соединение. Главная задача любого соединения с наибольшей эффективностью вращать другой вал для снижения потерь энергии. Использовались различные типы соединений от веревок, кожаных и резиновых ремней до хитроумных связей, редукторов, стальных и легированных мембран.

В любом случае, наиболее эффективная передача энергии осуществляется через соосно соединенные валы, при этом валы ведут себя как единое целое. Если валы несоосны, в соединении возникают усилия. Любое смещение или отклонение в угловом положении неизбежно будет означать, что валы будут пытаться найти общую ось вращения. Будут потери энергии в соединении и возросшая нагрузка будет распределена на механические компоненты, которые обеспечивают вращение, уплотнения, посадочные места подшипников и т.д.

Рис. 4.1 Несоосность вызывает появление сил в муфтовом соединении

Несоосность проявляется пятью взаимосвязанными проблемами:

1. Возросшая вибрация.
2. Увеличение потери энергии.
3. Возросшая нагрузка на подшипники, сальники и другие механические компоненты.
4. Снижение выпуска продукции.
5. Снижение качества продукции.

Даже наиболее консервативный обзор, проведенный за последние десять лет в различных отраслях промышленности, показывает, что 50% всех выходов из строя машинного оборудования напрямую связан с плохой центровкой. Некоторые наблюдения показывают, что более 90% машин работают за пределами рекомендованных допусков.

Рис. 4.2 Выходы из строя механизмов ввиду плохой центровки, проблем со смазкой и др.

Не секрет, что повышенная вибрация, повреждения подшипников, уплотнений, муфт, снижение времени производства и повышенные счета за электроэнергию, касаются части обслуживания механизмов. Зачастую только при очень плохом состоянии, т.е., риске повреждения или выхода из строя механизма, незапланированных остановках производства или ухудшении качества продукции, на эту проблему обращают внимание и тратят время на ее решение.

4.2.1. Вибрация

Несоосность вызывает вибрацию. Как показано ниже, несоосность считается одним из самых больших источников чрезмерной вибрации машинного оборудования и непосредственно связана с преждевременными выходами из строя этого оборудования. Заметьте, что 50%-70% относится к несоосности и проблемам, связанным с ней, таким, как «мягкая лапа», трещины в подшипниках и т.д.

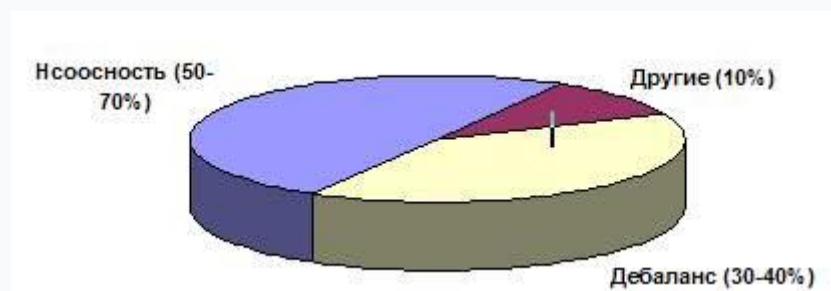


Рис.4.3 Основные источники вибрации машинного оборудования

Сегодня в большинстве отраслей промышленности используют вибрационный анализ в качестве метода программы предупредительного обслуживания. Анализ вибрации оборудования дает возможность просто обнаружить проблемы, связанные с несоосностью.

Вибрация измеряется в горизонтальном, вертикальном и осевом направлении, и существуют эмпирические правила в анализе вибрации.

- Горизонтальная вибрация означает дебаланс (H).
- Вертикальная вибрация означает ослабление или износ фундаментных связей (V).
- Осевая вибрация означает несоосность (A).

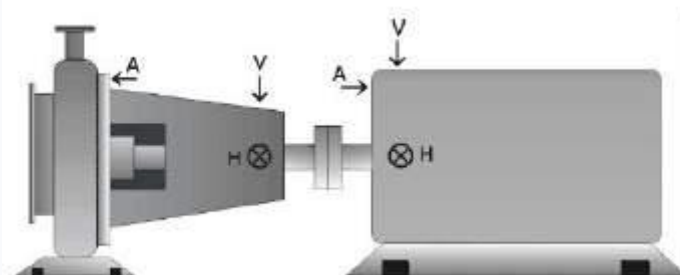


Рис.4.4 Точки измерения вибрации. Вертикальная (V), горизонтальная (H), осевая (A)

Экспресс вибродиагностику можно провести простейшими приборами производства Valtech, GmbH серии VP-3405 или VP-3410. Данные приборы должны использоваться вместе с системами центровки для предварительной оценки основных источников вибрации.

4.2.2. Потребление энергии

Правильная центровка механизмов может снизить потребление энергии двигателем в среднем до 15%, а в некоторых случаях намного больше. Во всех помещениях офисов развешаны напоминания о выключении света, если в нем нет необходимости, но кто-нибудь интересовался сколько электроэнергии потребляет мотор компрессора воздушного кондиционера? Или насос на фабрике? Особенно, если бумажная фабрика средних размеров может иметь их несколько сотен. Плохая центровка приводит к потере по крайней мере 3% стоимости всей производственной энергии.

Повторная центровка вентиляторов пяти градирен на заводе кислоты нефтехимического комплекса сэкономила электроэнергии примерно 8% в год на один вентилятор. Общий экономический эффект составил 2000 USD на один вентилятор в год.

Ниже показано, как рассчитать экономию:

1. Измерить ток до и после проведения центровки.
2. Найти разницу.
3. Взять данные двигателя: напряжение, коэффициент мощности.
4. Выяснить стоимость энергии для вашего предприятия.
5. Рассчитать экономию в kW по формуле:

$$kW = (\text{volts} \times \text{amps} \times \text{pf} \times 1,732) / 1000$$

Годовая экономия = 8400 x kW x стоимость

Пример расчета экономии электроэнергии

Уравнения: $kW = (\text{volts} \times \text{amps} \times \text{pf} \times 1,732) / 1000$

Годовая экономия = 8400 x kW x стоимость

Исходные данные:

1. Двигатель 30 л.с.
2. 460 В
3. 0,92 pf
4. До: 36 А
5. После: 32 А
6. Разница: 4 А

Расчеты:

$$kW = (460 \times 4 \times 0,92 \times 1,732) / 1000 = 2,931$$

$$\text{Годовая экономия} = 8400 \times 2,931 \times 0,065 = \$1600,33$$

4.2.3. Износ механических компонентов

Несоосность также способствует преждевременному и повторяющемуся износу механических компонентов машинного оборудования. Появление увеличенного трения и нагрузки на подшипники, сальники и муфты – только результат действительно важной проблемы, вызванной несоосностью. К сожалению, не редко повторяющиеся ремонты этого типа компонентов воспринимаются как обычная нормальная работа в части обслуживания механизмов.

4.2.3.1. Подшипники

Несоосность вызывает излишние силы, сокращающие срок службы подшипников.

1. Несоосность действует по экспоненциальной зависимости, снижая срок службы подшипников.
2. Удвоение нагрузки сократит срок службы подшипника до 1/8 его проектного срока.
3. Срок службы роликовых подшипников сокращается по кубической зависимости от возрастающего усилия.
4. 20%-ое увеличение нагрузки на подшипник снизит срок его службы на 50%.

Редуктор бумагоделательной машины вышел из строя из-за несоосности. Во время ремонтных работ повредили и его запчасти. Для возвращения его в работу компания наняла самолет для полета в Финляндию, чтобы собрать ремонтный механизм. Стоило это £ 38 000 плюс 16 часов простоя в производстве продукции по £ 28 000 в час.



Рис.4.5 Износ подшипника

Карданный вал на бумажной фабрике срезал заевший подшипник. Двигатель и редуктор оторвались от фундамента, повредив три ближайших соседних вала и остановив выпуск продукции на три дня (установлены убытки в размере \$2,3 млн.)

Уравнение для расчета долговечности подшипника следующее:

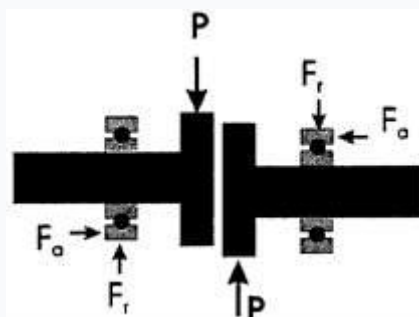


Рис.4.6 Уравнение долговечности подшипника
 $P=Fr+Fa$
 C =Постоянная, зависящая от типа подшипника
 L_{10} =Долговечность в млн. оборотов

Проще говоря, это уравнение показывает зависимость срока службы подшипника от условий его работы:

- Для увеличенной в два раза нагрузки на подшипник (P):

$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ или $1/8$ долговечности

- Для увеличенной в три раза нагрузки на подшипник (P):

$3^3 = 3 \times 3 \times 3 = 27$ или $1/27$ долговечности

4.2.3.2. Сальники

Несоосность валов роторного оборудования существенно влияет на срок службы уплотнений. Неудовлетворительное состояние центровки вызывает дополнительные нагрузки на сальники, которые неизбежно приведут к утечкам жидкости и проблемам со смазкой. Во многих случаях проблемы со смазкой – это только симптомы несоосности и могут быть легко предупреждены проведением регулярной центровки валов оборудования.

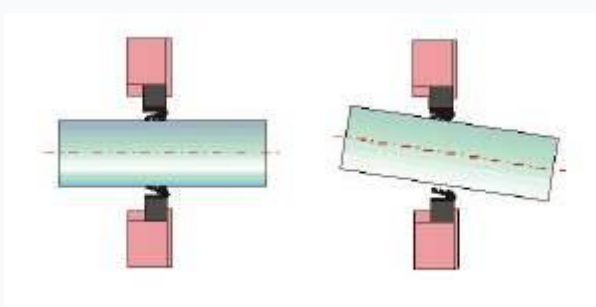


Рис.4.7 Сальники. Несоосность сальников вызывает утечки

Конечно, воздействие несоосности на срок службы сальников, различное, но выход их из строя после 30-50% от расчетного срока службы – обычное дело. Замена уплотнений часто составляет заметную стоимость, которую можно сэкономить проведением своевременной точной центровки валов.

Рекомендации: Для правильного выбора (замены) подшипников, уплотнений или ремней проконсультируйтесь со специалистами компании «Балтех» info@baltech.ru.

4.2.3.3. Муфтовые соединения

Специалисты компании «Балтех», присутствуя в ремонтных подразделениях предприятий, слышат наиболее частый ответ на вопрос «У вас есть необходимость в точной центровке?» - это «Нет, мы используем гибкие

муфты». Тем не менее, силы и трение, вызванные несоосностью, будут влиять на срок службы муфты. В зависимости от типа муфты, действие несоосности будет проявляться различными путями.

В гибких муфтах с резиновыми или пластиковыми втулками между двумя полумуфтами (резинопальцевых) центровка имеет поразительное влияние на то, как часто вам необходимо заменять их. Обычный симптом несоосности – небольшая горка резиновой или пластмассовой пыли под муфтой или под защитным кожухом.

Другой симптом несоосности – то, что муфта будет иметь значительно более высокую температуру, которую легко определить, когда машина будет остановлена или с помощью тепловизоров и термограмм серии TR-0110 или TR-0140.

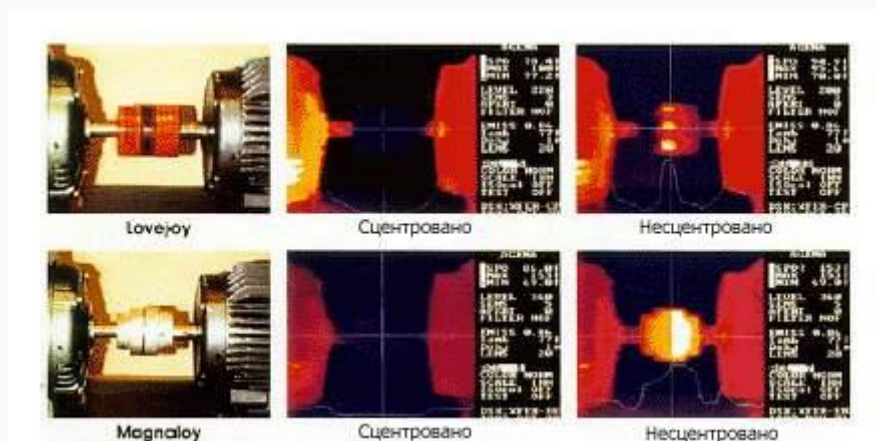


Рис.4.8 Тепловое излучение от муфт, сцентрированной и несцентрированной

В зубчатых муфтах суммарная несоосность напрямую влияет на износ сопрягаемых зубьев. В условиях чрезмерной несоосности нагрузка на зуб будет сконцентрирована ближе к его краю. Это, в конце концов, приведет к сострагиванию поверхности внутреннего зуба и заострению внешнего. Несоосность может быть также первопричиной проблем смазки в муфтовом соединении, которая, в конце концов, приведет к тому, что вовсе не будет смазки между зубьями. С этого момента зубья будут иметь прямой контакт металла с металлом и их износ быстро увеличится.

Для дистанционного измерения температуры механизмов рекомендуется использовать пирометры серии TL-0215.

4.2.4. Объем продукции

Хотя стоимость запчастей и дополнительно расходуемой энергии может быть существенной, - часто это только малая крупница в сравнении с воздействием расцентровки на объем выпуска продукции. В настоящее время современный процесс производства требует высоких скоростей работы с меньшими остановками в выпуске продукции. Стоимость часа простоя обычно намного превышает стоимость запчастей. В зависимости от вида производства эти цифры разные, но они обычно варьируются в диапазоне от 5 000 до 25 000 US\$ за час простоя. Увеличение времени рабочего состояния только на долю процента может означать немалое увеличение прибыли при подсчете экономического эффекта.

4.2.5. Качество продукции

Улучшение качества продукции является дополнительным аргументом при внедрении технологии центровки валов различных механизмов. Уменьшение уровней вибрации, снижение нагрузки на подшипники и другие механические компоненты будет непосредственно влиять на производство. Качество бумаги, стальных листов и пластиковых пленок улучшится, если уровень вибрации снизится после проведения центровки приводных валов. Морщины и проблемы, связанные с однородностью поверхности, - только некоторые примеры, которые могут быть таким образом решены.