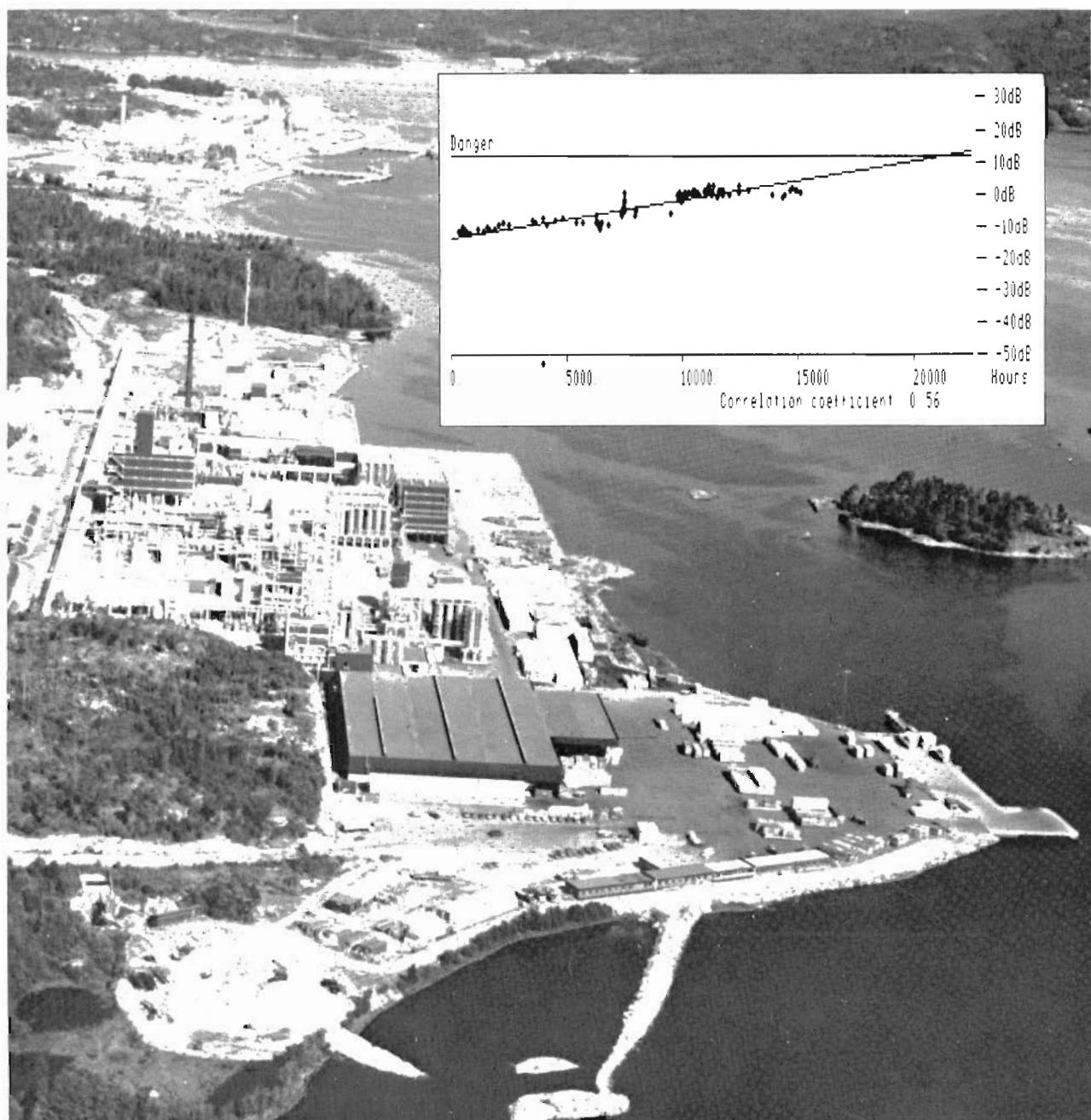




Мониторизация состояния машинного оборудования путем анализа механических колебаний

Опыт применения мониторизации на нефтехимическом предприятии



Мониторизация состояния машинного оборудования путем анализа механических колебаний

Опыт применения мониторизации на нефтехимическом предприятии

Д. Н. Браун, Й. Ц. Йэргенсен
Брюль и Кьер

Введение

В данной брошюре подробно описывается система мониторизации на базе ЭВМ, установленная на нефтехимическом предприятии в Бамбле, Норвегия. Предприятие, мощностью 300 000 тонн в год, эксплуатируется фирмой Статойл - норвежской государственной нефтяной компанией - и выпускает полипропилен и низкоплотный и высокоплотный полиэтилен.

При разработке проекта было принято решение использовать измерение и анализ механических колебаний для мониторизации состояния основных машин с вращающимися элементами. Исходная программа мониторизации состояла из проведения широкополосных измерений уровня механических колебаний и использования анализа механических колебаний в качестве диагностического инструмента. На опыте удачного использования такой программы мониторизации механических колебаний была создана система для периодического анализа механических колебаний, в составе которой был предусмотрен основанный на БПФ анализатор и измерительный магнитофон. Эта система впоследствии была развернута до уровня системы на базе ЭВМ, осуществляющей непрерывную мониторизацию в реальном масштабе времени и периодическую мониторизацию в автономном режиме. При непрерывной мониторизации в реальном времени система отбирает данные широкополосных механических колебаний опорных производственных установок. Автономная мониторизация, охватывающая несколько других важных машин и агрегатов, базируется

на данных, регистрируемых при помощи измерительного магнитофона с интервалом от одного до четырех месяцев.

Опыт работы с описанной системой показал, что несмотря на то, что программа периодической мониторизации позволила определить несколько потенциальных отказов оборудования с достаточным упреждением перед поломкой, существовала необходимость обнаружения внезапных изменений состояния, могущих привести к отказу оборудования в течение относительно короткого отрезка времени. Данная система также дала возможность точно диагностировать неисправности на ранних этапах их развития. Такие удачные примеры определения нескольких потенциальных отказов оборудования описаны ниже.

С момента установки системы количество непредвиденных отказов машин с непрерывной мониторизацией было значительно уменьшено, а экономический эффект от использования системы на базе ЭВМ (затраты, связанные с потерей производительности, расходами на техобслуживание и т.п.) позволил окупить расходы по системе в течение 18 месяцев после ее ввода в эксплуатацию.

Система мониторизации

Система мониторизации, схематически показанная на рис. 1, может рассматриваться как система, состоящая из нескольких секций:

- секция сбора данных механических колебаний

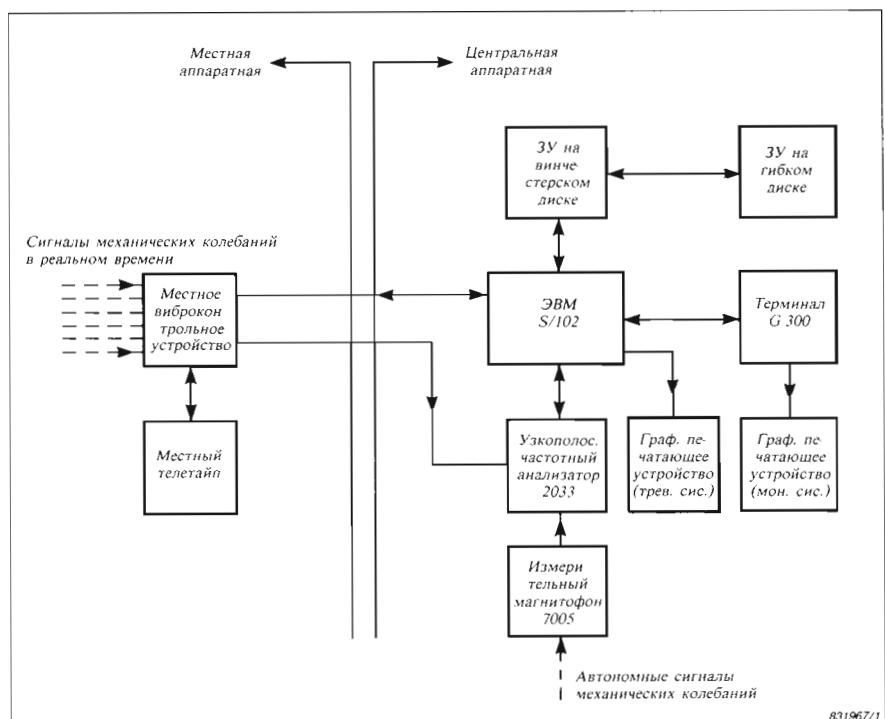


Рис. 1. Принципиальная схема системы постоянной мониторизации для нефтехимического предприятия фирмы Статойл в Бамбле, Норвегия

Аэроснимок на передней странице обложки, показывающий нефтехимическое предприятие фирмы Статойл в Бамбле, Норвегия, опубликован по соглашению с фирмой Статойл. Авторы считают своим долгом выразить благодарность за содействие, оказанное заведующим механического отдела О. Андерсеном и старшим инженером технической инспекции Т. И. Номме, ответственным за программу мониторизации механических колебаний на предприятии фирмы Статойл в Бамбле.

- секция мониторизации, непрерывно следящая за уровнем механических колебаний в широкой и узкой полосах частот
- секция, используемая для обработки и хранения данных состояния машин

Накопленные в автономном режиме данные могут вводиться в систему с магнитофона для периодической мониторизации.

Система была разработана занимавшейся разработкой систем группой специалистов фирмы Брюль и Къер и составлена специально для фирмы Статойл. Данная система не является стандартной аппаратурой фирмы Брюль и Къер.

Сбор данных механических колебаний
Сбор данных механических колебаний производится с помощью акселерометров, постоянно механически соединенных с подлежащими контролю и мониторизацией машинами. Эти высокочувствительные и стойкие датчики способны функционировать в течение длительного времени даже в неблагоприятных средах. Акселерометры изготовлены с учетом работы во взрывоопасных средах нефтехимических предприятий и снабжены соответствующими сертификатами. Отдаваемые акселерометрами и усиленные соответствующими предусилителями сигналы поступают в местную аппаратную.

Мониторизация в широких полосах частот

Отображающие механические колебания сигналы поступают на несколько местных виброконтрольных устройств, расположенных в помещении аппаратной, где производится мониторизация в широких полосах частот. Каждое виброконтрольное устройство имеет 16 параллельных каналов и 4 логических блока. Логические блоки используются для автоматического отпирания и блокировки каналов обработки сигналов механических колебаний при запуске и остановке соответствующего машинного оборудования.

Местные виброконтрольные устройства регистрируют с интервалом в 1 с сигналы механических колебаний и сравнивают СКЗ, пиковые и мгновенные энергетические уровни с установленными пределами. Превышение любого из установленных пределов сопровождается выводом сообщения на центральную ЭВМ и автоматической распечаткой соответствующего предупреждения.

В дополнение к мониторизации уровня сигналов за каждую секунду, местное виброконтрольное устройство определяет и закладывает в память усредненные уровни сигналов за 1 минуту и за 24 часа. Отнесенные к интервалам 1 мин. средние значения используются для тревожной сигна-



Рис. 2. Терминал ЭВМ и узкополосный анализатор установлены в кабинете инженера, смежном с аппаратной. Печатающее устройство, предусмотренное для распечатки предупредительных сообщений, расположено в аппаратной

лизации о тенденциях. Процентное увеличение среднего значения сравнивается с установленным пределом и сигнал тревоги выводится в случае превышения такого предела. Отнесенные к интервалам 1 мин. и 24 ч средние значения могут запрашиваться у центральной ЭВМ для создания и представления графиков тенденций.

Мониторизация в узких полосах частот

Для мониторизации в узких частотных полосах основанный на БПФ анализатор преобразовывает сигналы во временной области в содержащие узкие частотные полосы спектры. Это способствует мониторизации с гораздо большей разрешающей способностью, чем мониторизация в широких полосах частот.

Центральная ЭВМ направляет аналоговые сигналы от местных виброконтрольных устройств на узкополосный частотный анализатор. Для обеспечения высокого разрешения по частоте в области низких и высоких частот система на основе нескольких узкополосных спектров формирует спектры с полосами с постоянной относительной шириной. В таких спектрах ширина полос является процентной долей средней частоты и разрешение по частоте идентично (ширина полос 4 или 23% выбирается пользователем) во всем диапазоне частот.

На основе зарегистрированного в «хорошем» состоянии спектра с полосами с постоянной относительной шириной (этот спектр называется опорным спектром) и заданных допусков формируется опорная маска. Регистрируемые в процессе мониторизации спектры затем сравниваются с данной опорной маской (процедура на-

зывается сравнением спектров). Частотные составляющие, уровни которых превышают установленные опорной маской пределы, автоматически регистрируются. Описанный принцип иллюстрирует рис. 3, показывающий спектры, сравниваемые с соответствующими опорными масками.

Автоматическое сравнение спектров в общих случаях производится через интервалы длительностью 3 ч в каждом канале системы. В случае тревожного состояния скорость процесса сравнения спектров автоматически увеличивается до получасовых интервалов в соответствующих каналах.

Для определения тенденций изменений уровней механических колебаний во времени может проводиться анализ тенденций. Анализ можно осуществлять на одиночных частотах или в определенных полосах частот. Крупная база данных системы позволяет хранить в памяти большое число спектров, которые можно учитывать при анализе тенденций, получая хороший обзор изменений уровней механических колебаний и позволяя прогнозирование периодов, когда эти уровни становятся критическими. Одновременно производится подсчет времени упреждения относительно установленного уровня опасности.

При обнаружении неисправности дежурный инженер может прервать режим автоматической мониторизации и, пользуясь мощными диагностическими функциями имеющимся в системе анализатора и ЭВМ, поставить диагноз причине этой неисправности.

Автономная мониторизация

Отображающие механические колебания сигналы, регистрируемые по программе периодической мониториза-

ции, записываются 4-х канальным измерительным магнитофоном для последующего ввода в систему. Воспроизведенные магнитофоном сигналы анализируются узкополосным анализатором, отдаваемые которым дан-

ные обрабатываются системой аналогично обработке получаемых при непрерывной мониторизации данных, т.е. путем сравнения спектров, анализа тенденций и т.п.

Хранение данных

Оборудование аппаратной состоит из 16-ти битовой ЭВМ с оперативной памятью в 512 килобайт и 15-ти мегабайтового запоминающего устройства на жестком диске.

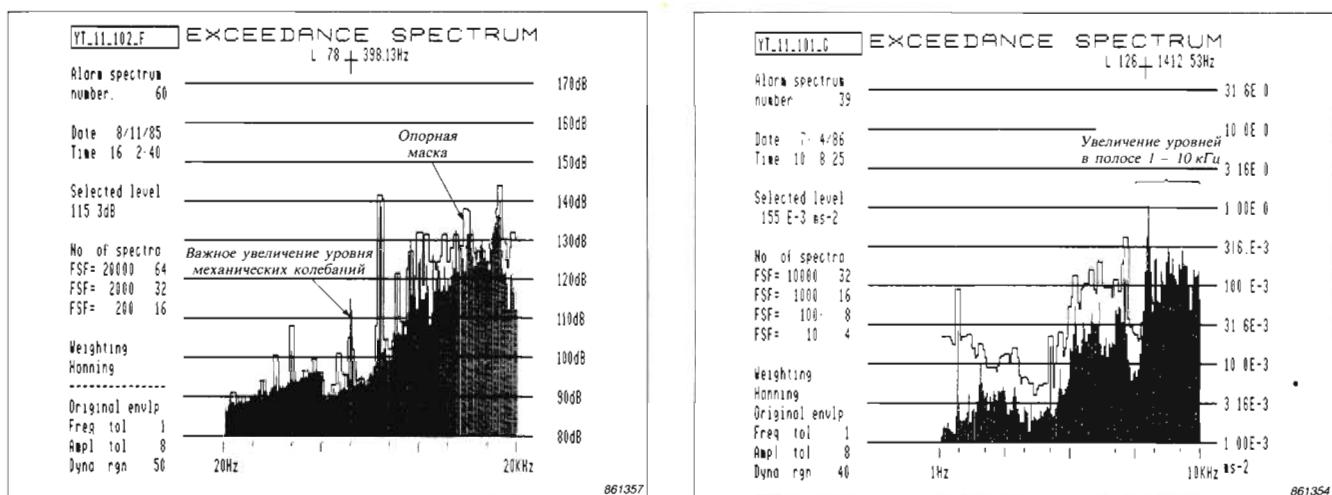


Рис. 3. Иллюстрация принципа сравнения спектров механических колебаний. Обнаружение любых составляющих, присущих которым уровни превышают опорную маску, сопровождается тревожной сигнализацией. Спектр слева показывает увеличение уровней дискретных частотных составляющих, в то время как спектр справа показывает увеличение уровней составляющих в широкой полосе частот

Случай 1 - мешалка

Одной из основных машин является мешалка главного реактора установки. В связи с ее основной ролью в технологическом процессе мешалка была выбрана в качестве одного из узлов, мониторизацию состояния которого необходимо производить непрерывно. Эскиз мешалки показан на рис. 4.

Происшедшие в прошлом поломки вызывали значительные убытки (потери производства, повреждения узлов машины и т.п.). После внедрения непрерывной мониторизации механических колебаний, непредвиденных поломок не возникало. Во многих случаях развитие незначительных неполадок и повреждений в потенциально серьезную аварию удавалось предотвратить, поскольку тревожная сигнализация системы на ранней стадии позволила вовремя принять необходимые меры.

Пример 1

Сразу после установки системы непрерывной мониторизации был зарегистрирован сигнал тревоги, обусловленный превышением заданного предела пиковой энергии сигналом от датчика на узле уплотнения и подшипника в верхней части оси вала мешалки. Данный подшипник в общих случаях не заменяется при текущем ремонте уплотнения.

На рис. 5 показаны тенденции изменений СКЗ и пиковых значений, соответствующие стабильному состоянию (на горизонтальной оси графиков от-

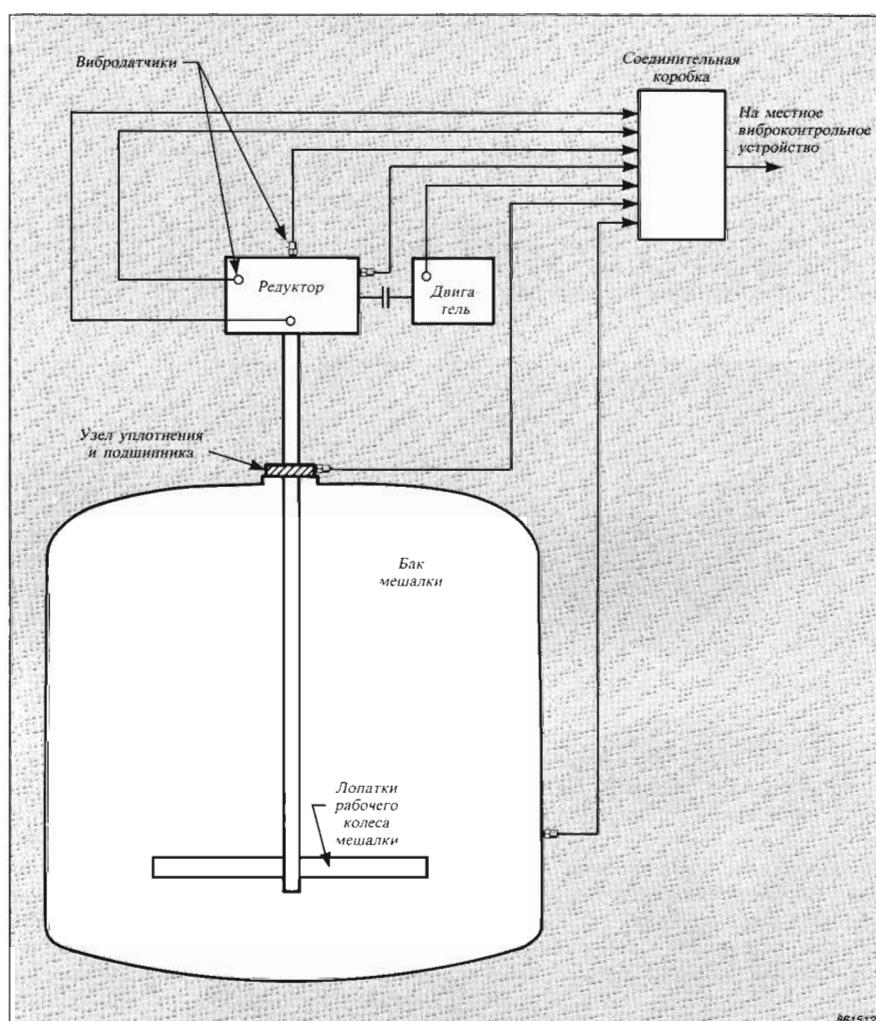


Рис. 4. Схематический чертеж мешалки, показывающий расположение вибродатчиков

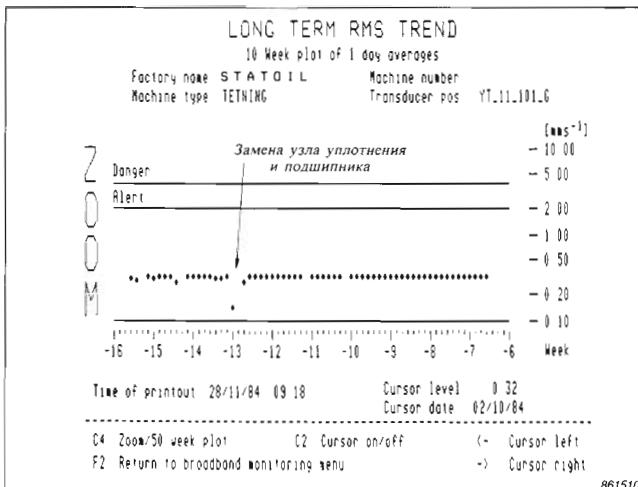


Рис. 5. Графики тенденций изменений СКЗ и пиковых значений механических колебаний мешалки не показывают отклонения. Малые значения между неделями -13 и -12 связаны с остановкой производства при замене узла уплотнения и подшипника («-xx» недель относится к числу недель перед составлением соответствующего графика тенденций)

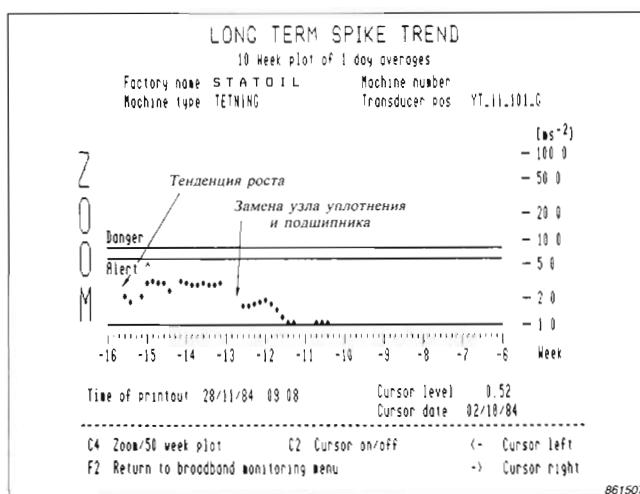


Рис. 6. График тенденций изменений пиковых значений энергии механических колебаний мешалки. Показана тенденция роста между неделями -16 и -15 и падение после замены узла уплотнения и подшипника во время -12 недели

ложено число недель до создания графика тенденций).

Рис. 6 показывает долгосрочные тенденции изменений пиковых значений энергии сигнала от упомянутого выше датчика. Эти значения увеличивались до обнаружения неисправности (между 16-ю и 14-ю неделями на оси тенденций).

При прослушивании канала был слышен «тикающий» звук при каждом обороте. Автоматическое сравнение спектров показало увеличение уровня составляющей с частотой 17 Гц. Путем вычисления присущих подшипнику частот увеличение уровня на частоте 17 Гц было диагностировано как дискретный дефект на очень ранней стадии его развития. Наряду с замену подшипника был назначен на ближайший планируемый останов установки. Во время всего периода, предшествующего запланированному останову установки, обнаруженный

дефект подшипника находился под наблюдением, показавшим некоторое увеличение уровня составляющей с частотой 17 Гц.

Во время запланированного останова установки подшипник и уплотнение были заменены. При осмотре подшипника была замечена изолированная выбоина на внешнем кольце подшипника (см. рис. 8). Неисправность была на такой ранней стадии, что подсчеты показали, что подшипник мог проработать в течение последующих 6 месяцев без важных неполадок.

После установки нового узла уплотнения и подшипника состояние последнего было проверено в обычном порядке. СКЗ и пиковые значения были устойчивы, но пиковые значения энергии (см. рис. 7) имели расеянный разнос. При прослушивании узла создаваемый им акустический шум имел случайный характер. При-

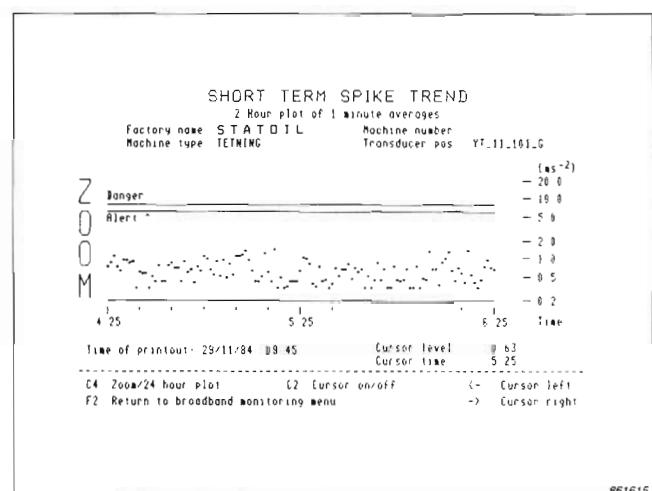


Рис. 7. График тенденций изменений пиковых значений энергии механических колебаний после обновления узла уплотнения и подшипника мешалки показывает случайное распределение соответствующих значений

чина такого шума, однако, не могла быть определена, предположительно



Рис. 8. Выбоина, обнаруженная на внешнем кольце подшипника

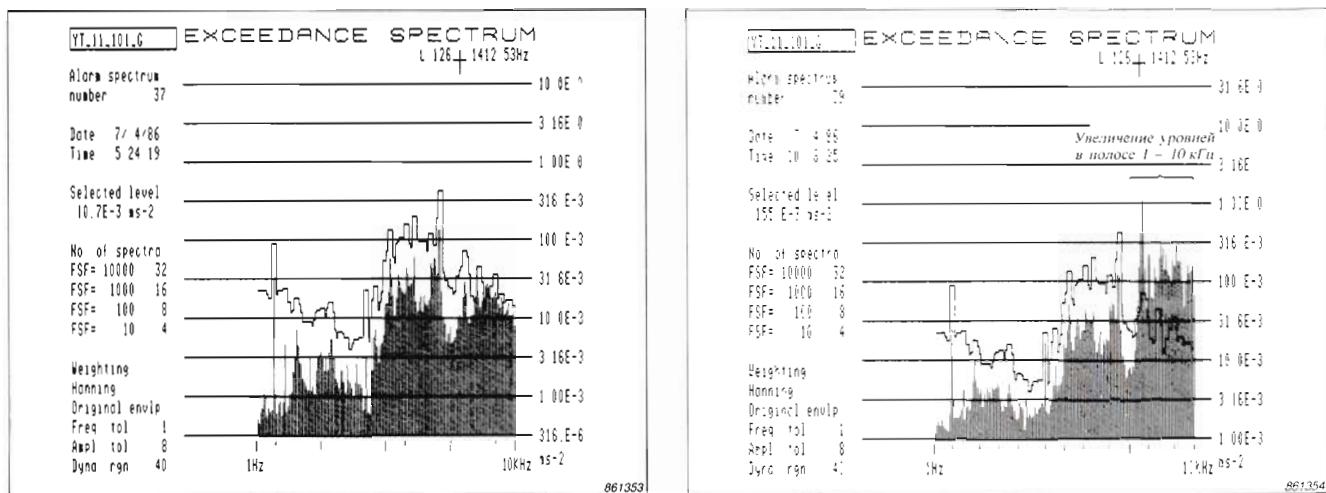


Рис. 9. Результаты сравнения спектров механических колебаний узла уплотнения и подшипника мешалки показывают увеличение уровней составляющих в полосе частот от 1 до 10 кГц. Спектр справа был зарегистрирован приблизительно через 4.5 ч после регистрации спектра слева

шум создавался трением одной части о другую.

В общих случаях, при такой ситуации, мешалка была бы остановлена для замены уплотнения. Однако, после наблюдения за уровнями механических колебаний в течение суток было принято решение не останавливать мешалку для замены уплотнения, а продолжать эксплуатацию и использовать график тенденций для периодической проверки ее состояния. На рис. 6 можно видеть результат терпеливого подхода, поскольку график тенденций показывает уменьшение уровня пиковой энергии до нормального значения через некоторое время (приблизительно в промежутке недель -11.5 и -11 на оси времени графика тенденций). На этом участке времени пропал и шум трения.

Если бы система мониторизации с ее способностью проводить анализ тенденций не использовалась, бесполезного останова оборудования вместе с сопутствующими затратами на потерю производительности, дополнительных расходов на техобслуживание и пр. было бы не избежать.

Пример 2

Несколько позднее, во время ремонта другой машины производственной линии, узел уплотнения и подшипника над баком мешалки был заменен в порядке планового технического обслуживания предприятия. После ввода установки в эксплуатацию было зарегистрировано несколько тревожных сигналов от указанного подшипника в той же точке мониторизации как и в предыдущем примере 1.

Автоматическое сравнение спектров механических колебаний показало значительное увеличение уровня вибрации в частотном диапазоне от 1 до 10 кГц. Такая картина наблюдалась в течение относительно короткого времени, всего нескольких часов (см. рис. 9).

Предположительно, неполадка возникла в результате плохой смазки подшипника. Смазка была своевременно подана в подшипник, после чего уровни ненормальной вибрации снизились до нормальных значений. Однако, через несколько минут уровни составляющих с высокими частотами снова увеличились и продолжали повышаться.

Такое повышение уровней высокочастотных составляющих механических колебаний указывало на классические симптомы повреждения подшипника. Было принято решение остановить производство и произвести инспекцию подшипника. Осмотр показал, что ролики деформированы (см. рис. 10), а дальнейшая инспекция выявила, что подшипник был установлен без смазки. Данная ранняя стадия возникновения дефекта была четко видна в спектре механических колебаний.

Подшипник был заменен и эксплуатация возобновилась. Уровни механических колебаний уменьшились до нормы на всех частотах.

Таким образом была предотвращена серьезная авария. Сравнение спектров в режиме реального времени привело к тревожной сигнализации с достаточным упреждением до возникновения серьезной аварии, даже несмотря на то, что ситуация развивалась стремительно. Одновременно, путем сравнения спектров была получена достаточная информация для точного определения характера неполадки.

Определение малых отклонений

Помимо указанных двух случаев, когда были предотвращены серьезные аварии, имеются также другие полезные аспекты использования системы. Любые отклонения спектров ме-

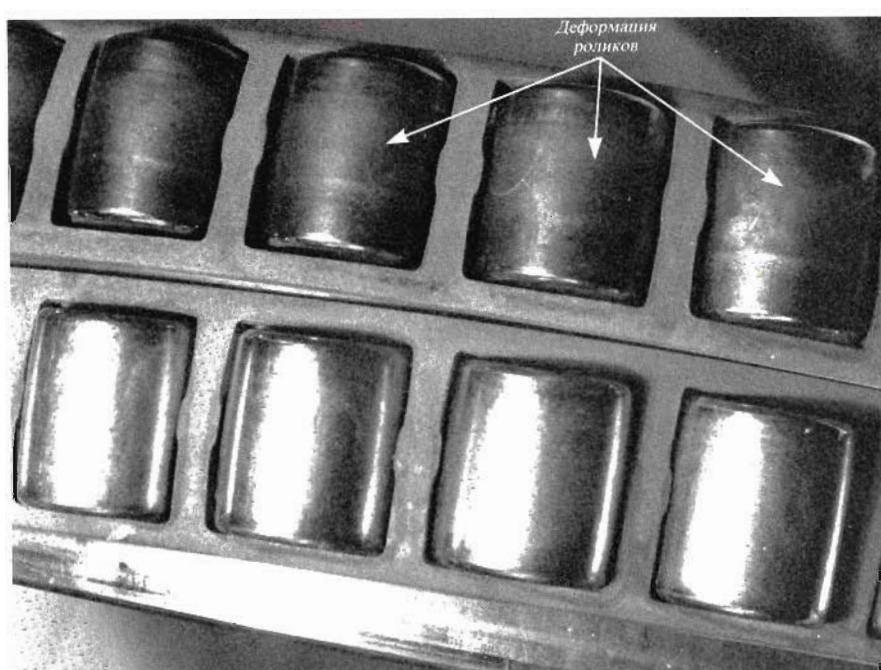


Рис. 10. Деформация роликов подшипника

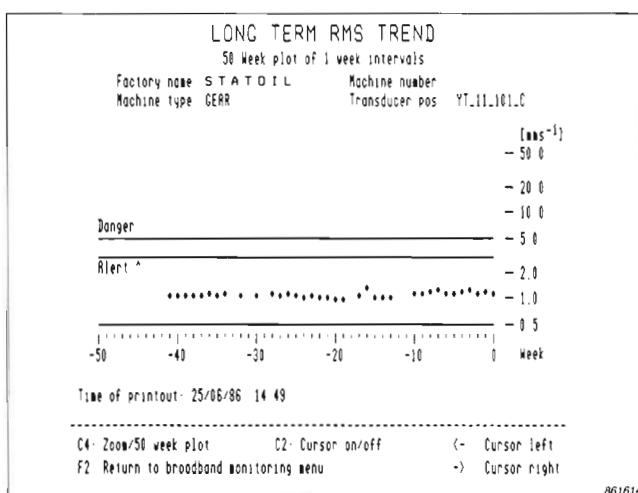
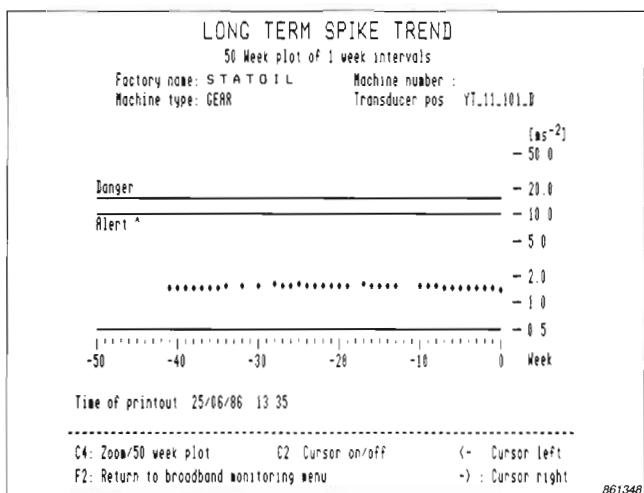


Рис. 11. Графики тенденций изменений пиковых значений энергии и СКЗ механических колебаний редуктора мешалки. Зарегистрированные значения кажутся устойчивыми

ханических колебаний от заданных допусков, независимо от того на сколько незначительными они могут выглядеть, автоматически регистрируются и закладываются в память ЭВМ.

Таким образом, даже небольшие изменения состояния оборудования могут регистрироваться и вместе с информацией о других машинах данной технологической линии будут способствовать принятию решений с упреждением о проведении капитального ремонта оборудования. Так, за исключением показаний серьезного аварийного состояния машин, оборудование может эксплуатироваться с максимальной эффективностью.

Преимущества сравнения спектров перед мониторизацией в широкой полосе частот

Для данного типа подробной мониторизации состояния применение сравнения спектров является принципиально важным. Мониторизация СКЗ, пиковых и энергетических уровней выявила бы ситуации, в которых имелась бы реальная угроза неминуемой аварии. Однако, небольшие изменения

ния составляющих механических колебаний с относительно низкими уровнями вообще не отражаются на упомянутых параметрах.

Это видно из примера, где определено небольшое изменение состояния, на этот раз используя результаты измерений и анализа механических колебаний редуктора мешалки. Присущие широким частотным полосам значения выглядели устойчивыми на всех точках замера на редукторе (пиковые значения энергии и СКЗ показаны на рис. 11). Однако, изучение накопленных узкополосных спектров механических колебаний показало наличие тенденции увеличения уровней в диапазоне частот 3 – 10 кГц (см. рис. 12) в дополнение к незначительным изменениям уровней низкочастотных составляющих (см. рис. 13). Эти данные указывают на начало ухудшения состояния подшипников редуктора.

Поскольку эти отклонения не считались значительными, мешалка находилась в эксплуатации. Тщательный контроль за состоянием редуктора будет проводиться в процессе мониторизации, но при нарастании

уровней механических колебаний система сообщает об изменении состояния и о надобности технического обслуживания.

Другой пример таких малых отклонений может быть показан еще раз на мешалке, на этот раз на ее двигателе. На рис. 14 показан результат сравнения спектров механических колебаний двигателя, указывающий на повышение уровней некоторых высокочастотных составляющих. График тенденций на рис. 15 показывает начало тенденции нарастания в полосе частот 1,6 - 1,8 кГц. Наиболее вероятной причиной такого нарастания является дефект подшипника в его ранних проявлениях. Однако, поскольку нарастание уровня не рассматривалось как серьезное, подшипники регулярно смазывались для сдерживания нарастаний уровней и двигатель эксплуатировался до планового ремонта. Во время ремонтных работ была проведена инспекция подшипников двигателя и на одном из наружных колец были обнаружены следы точечной коррозии.

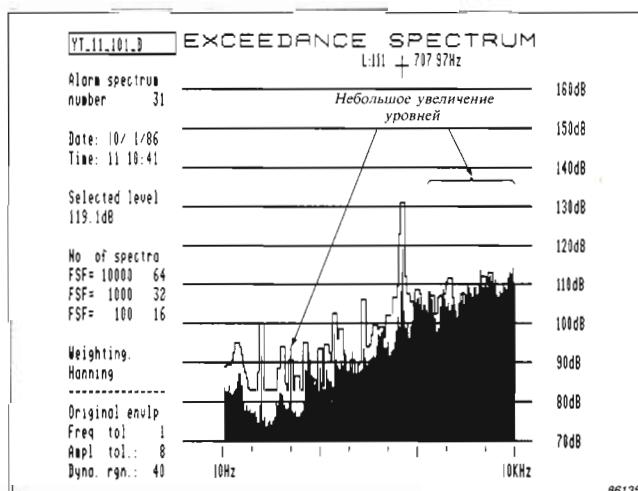
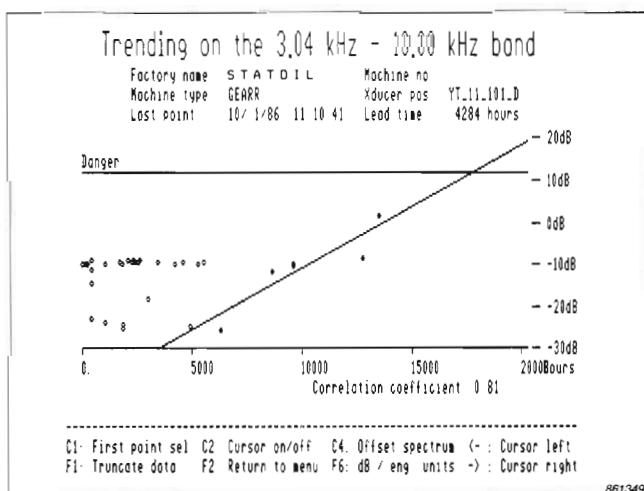


Рис. 12. График тенденций изменений уровней механических колебаний редуктора мешалки в диапазоне 3 – 10 кГц указывает на тенденцию роста уровней соответствующих составляющих.

Рис. 13. Результаты сравнения спектров механических колебаний редуктора мешалки указывают на небольшое увеличение уровней низко- и высокочастотных составляющих

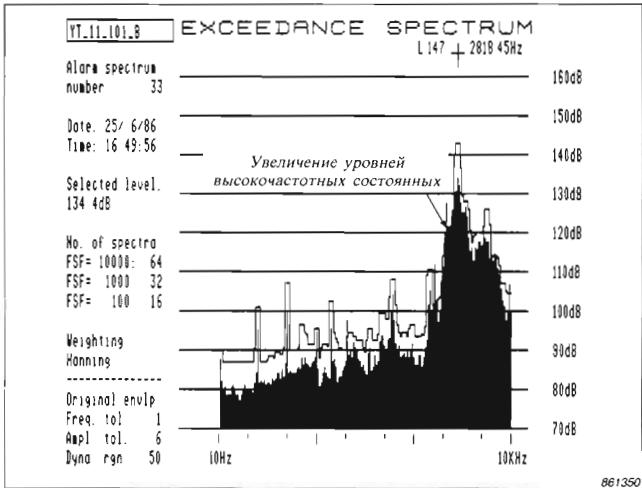


Рис. 14. Результаты сравнения спектров механических колебаний приводного электродвигателя мешалки указывают на небольшое увеличение уровней высокочастотных составляющих

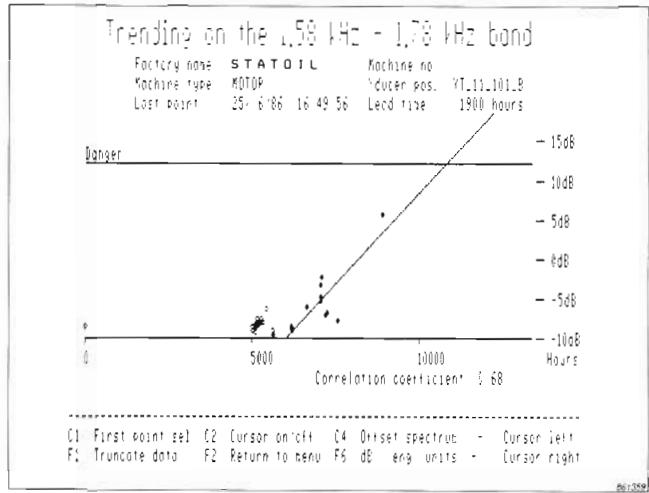


Рис. 15. График тенденций изменений уровней механических колебаний приводного электродвигателя мешалки в диапазоне 1.6 – 1.8 кГц указывает на тенденцию роста уровней соответствующих составляющих

Случай 2 - червячный компрессор

Червячный компрессор представляет собой так называемый компрессор положительного вытеснения, где газ сжимается двумя червяками, кулачки которых работают подобно шестерням (см. рис. 16). Характеристика механических колебаний такого устройства походит на механические колебания шестерни, где гармоники частоты кулачков соответствуют количеству кулачков, умноженному на частоту вращения оси, и являются доминирующими в частотном спектре.

Червячные компрессоры являются опорными механизмами и, следовательно, учитываются в системе непрерывной мониторизации. Схематический чертеж соответствующей части системы показан на рис. 17.

Один из таких компрессоров показал, в течение определенного отрезка времени, увеличение вибрации на частоте кулачков (398 Гц) и ее гармоник. Спектры на рис. 18 четко показывают данное увеличение, вместе с нарастанием уровней высокочастотных составляющих. Рис. 19 показывает присущий упомянутой частоте график тенденций, а рис. 20 график тенденций составляющих в полосе от 7 до 13 кГц. Рост уровней составляющих механических колебаний указывает на износ или на возможный незначительный дефект червяков компрессора, который при наличии дальнейшего развития может привести к более серьезным повреждениям.

На данном этапе, поскольку машина находилась под непрерывной мониторизацией, было принято решение эксплуатировать компрессор до тех пор, пока тревожная сигнализация не покажет необходимости ремонта для предотвращения аварии. Наличие системы, таким образом, позволило избежать принятия важного решения ос-

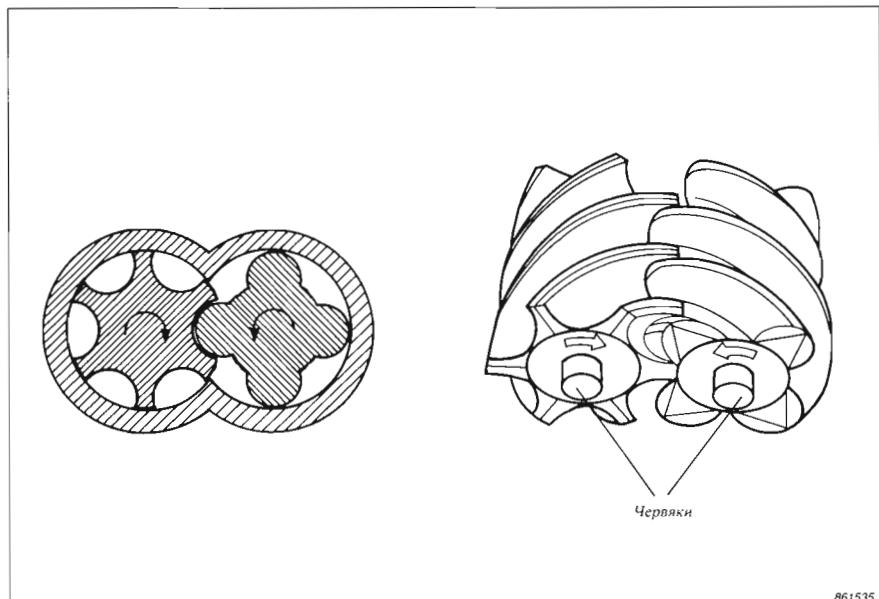


Рис. 16. Иллюстрация принципа работы червячного компрессора

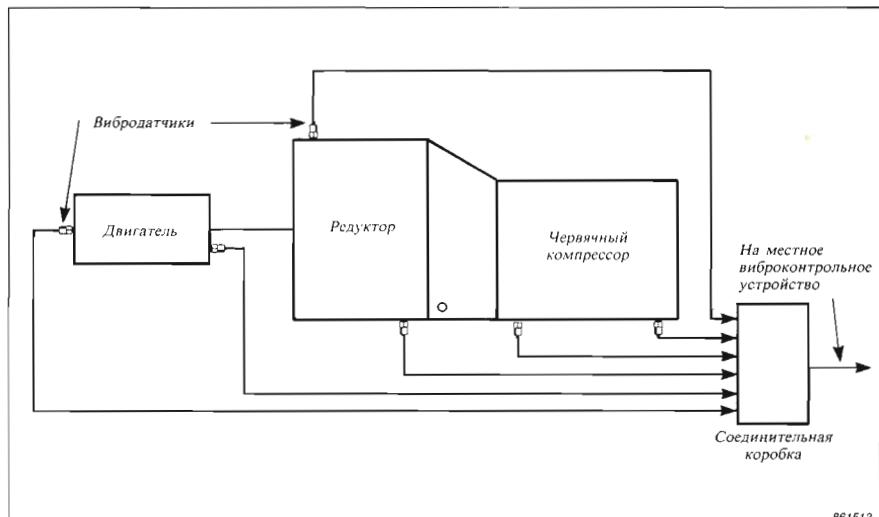


Рис. 17. Принципиальная схема компрессорной установки

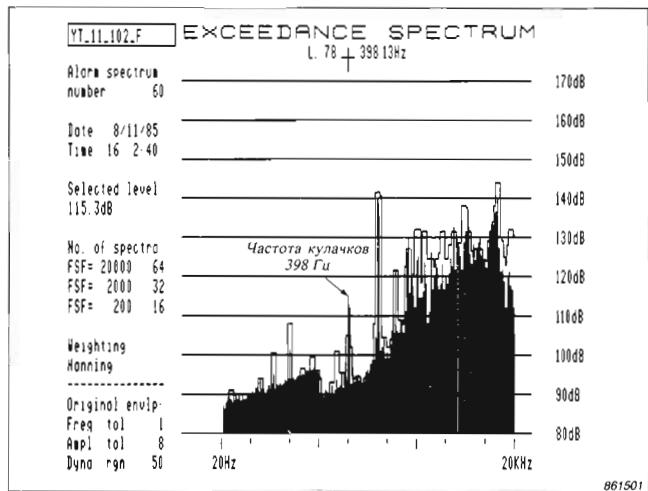
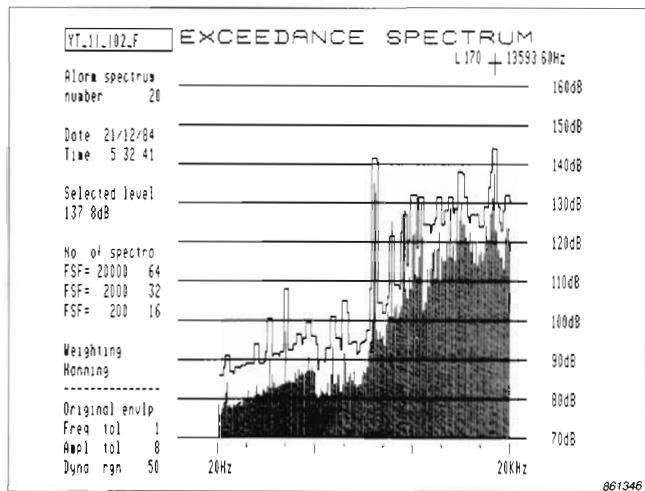


Рис. 18. Результаты сравнения спектров механических колебаний червячного компрессора показывают увеличение уровня составляющей с частотой 398 Гц (частота кулачков). Спектр справа был зарегистрирован приблизительно через 1 год после регистрации спектра слева

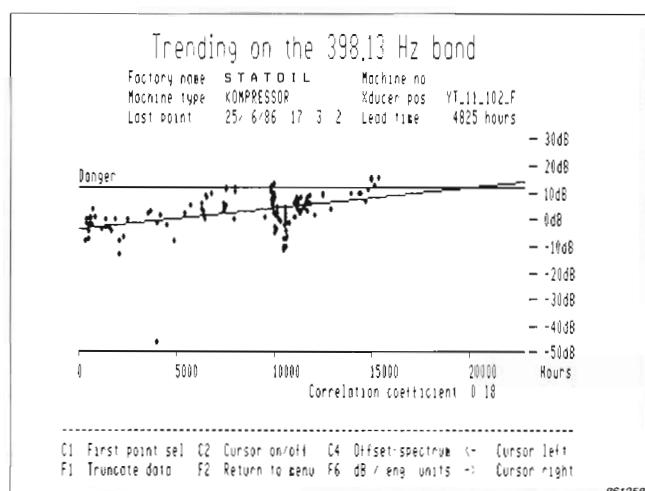


Рис. 19. График тенденций изменений уровня составляющей с частотой 398 Гц (частота кулачков) механических колебаний червячного компрессора

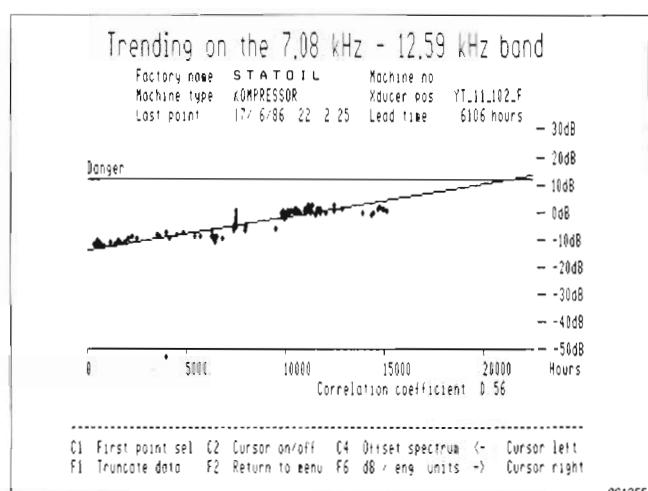


Рис. 20. График тенденций изменений уровней механических колебаний червячного компрессора указывает на тенденцию роста уровней составляющих с частотами в диапазоне 7 – 13 кГц

становить ли машину и нести значительные убытки производства или продолжать ли эксплуатацию с риском неожиданной аварии. В течение последующих недель система мониторизации показала, что ситуация стабилизировалась и компрессор работал устойчиво без значительных изменений уровней составляющих спектра его механических колебаний.

По существу, производственная линия эксплуатировалась в течение более чем 10 месяцев после первой сигнализации о тревоге и только впоследствии вся линия была остановлена на плановый ремонт. Во время ремонта, инспекция червячного компрессора выявила износ его червяков.

Случай 3 - экструдер

На предприятии имеется 7 экструдеров, каждый из которых приводится электродвигателем через редуктор,

имеющий 5 валов, включая два шестеренчатых вала самого экструдера (рис. 21 показывает систему шестерен). Состояние экструдеров не контролируется постоянной системой мониторизации, а контроль их состояния входит в программу периодических измерений и анализа.

Изготовитель экструдеров рекомендует разборку механизмов после 25 000 часов работы для ремонта шестеренчатых колес и подшипников с вращающимися элементами. Однако, после введения программы мониторизации механических колебаний со сравнением спектров состояния шестерен и подшипников экструдеров может контролироваться с большей точностью и максимально увеличить сроки межремонтной эксплуатации соответствующего оборудования. Это позволило оптимизировать межремонтные периоды, а в некоторых случаях и удвоить их до 50 000 часов. Имеются основания предполагать

дальнейшее увеличение межремонтного периода по мере накопления данных о характеристиках механических колебаний данного оборудования.



Рис. 21. Шестеренчатые валы экструдера

Дефекты игольчатых подшипников

По видимому, механические колебания экструдеров, имеющих небольшие повреждения малых игольчатых подшипников червячных валов (дефекты, в общих случаях трудно диагностируемые), увеличиваются в области самых низких частот (см. рис. 22). Частоты этих составляющих меньше соответствующей рабочей скорости вращения валов частоты и в них преобладают субгармоники скорости вращения червяков и приводного вала редуктора, т.е. 1/2, 1/3 и т.д. данных скоростей вращения. Такой эффект часто встречается в случае ослабления крепления целостности машины, предположительно, что повреждение игольчатых подшипников

происходит в результате излишнего бieniaия червячного вала.

Дефекты зубов шестерен

Дефекты шестерен, такие как нарушение соосности, рассогласование и местные повреждения зубов, в общих случаях отражаются в спектрах механических колебаний как боковые полосы, присущие частотам зубозацепления. Расстояние между этими боковыми полосами равно соответствующей скорости вала частоте. Рис. 23 показывает расширенный участок спектра механических колебаний редуктора экструдера. Этот участок расположен вокруг частоты зубозацепления 696,25 Гц. Разнос боковых полос в 11,3 Гц четко виден и равен

частоте вращения промежуточного вала. При инспекции редукторов во время техобслуживания шестеренчатое колесо на смежной оси имело местные дефекты на части окружности венца.

Мониторизация механических колебаний данного оборудования до сих пор производилась автономно. Однако, ввиду убедительных результатов автономной мониторизации в настоящее время рассматривается возможность расширить систему непрерывной мониторизации в реальном времени и включить в соответствующую программу и непрерывный контроль состояния экструдеров.

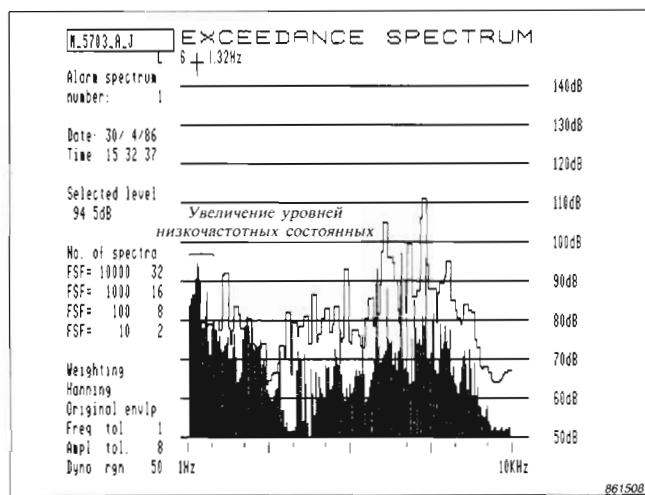


Рис. 22. Результаты сравнения спектров механических колебаний экструдера указывают на увеличение уровней составляющих в области низких частот

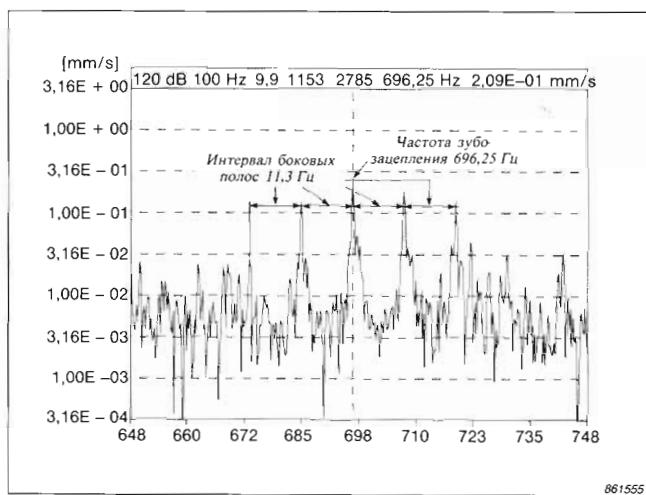


Рис. 23. Расширенный участок узкополосного спектра механических колебаний редуктора экструдера четко показывает боковые полосы частот, расположенные вокруг частоты зубозацепления

Заключение

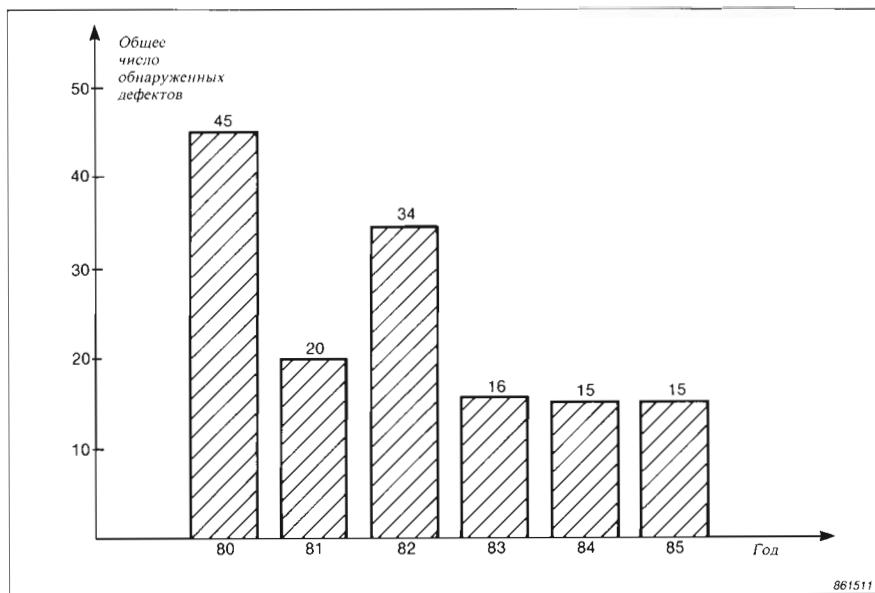


Рис. 24. Количество дефектов, определенное с использованием мониторизации механических колебаний с начала эксплуатации предприятия на полную мощность в 1980 году

Описанная выше система зарекомендовала себя способной для выявления и осуществления диагностики быстро и медленно развивающихся неисправностей. Она не только обеспечивает уверенность в эксплуатации благодаря знанию, что внешнее ухудшение состояния машинного оборудования будет обнаружено вовремя для принятия соответствующих мер, но также позволяет точное определение и поставку диагноза со значительным упреждением до аварии. Во многих случаях была заблаговременно выдана индикация ухудшения состояния машинного оборудования. Таким образом, состояние машинного оборудования непрерывно контролировалось в процессе его эксплуатации. Это дало возможность увеличения срока бесперебойной эксплуатации и оптимального выбора даты для технического обслуживания.

Некоторые из главных преимуществ системы описываются ниже.

Постоянная мониторизация

Постоянная мониторизация обеспечивает уверенность эксплуатации благодаря знанию, что состояние машинного оборудования непрерывно контролируется.

Мониторизация в широких полосах частот

Постоянная мониторизация в широких полосах частот выдает предупреждение в случае внезапного ухудшения состояния машинного оборудования, позволяя избежать серьезную аварию.

Сравнение спектров

Сравнение спектров механических колебаний способствует раннему обнаружению изменений состояния обо-

рудования и выявлению причин диагностируемых неисправностей. Последующий анализ тенденций позволяет наблюдение за такими изменениями и эксплуатацию машинного оборудования максимально длительное время.

Системы на базе ЭВМ

Системы на базе ЭВМ предлагают преимущества автоматического управления процессом мониторизации и обеспечивают возможность эффективной обработки информации и хранения большого объема данных.

Рис. 24 показывает количество дефектов, обнаруженных за время использования программы мониторизации механических колебаний. Интересно отметить, что график следует началу

«лавинной» кривой аварий - количество дефектов было большим вначале, когда машинный парк был новым и требовал приработки, а затем снизилось до устойчивой величины.

Конечно же невозможно утверждать, что каждый дефект, обнаруженный системой мониторизации, привел бы к неожиданной аварии. Однако, стоимость аварии даже одной мешалки была бы достаточной для оплаты комплектной системы мониторизации. В исходном предложении на поставку системы мониторизации стоимость окупаемости по смете отдела техобслуживания фирмы Статойл составляла 18 месяцев. Реальный срок окупаемости, даже по самым консервативным подсчетам, был значительно короче.



БРЮЛЬ И КЬЕР

Нэрум, Дания

Импортер: **В/О МАШПРИБОРИНТОРГ**

121200 Москва, Смоленская пл. 32/34, тел. 244-37-30



Запросы на каталоги, проспекты и инструкции по эксплуатации на русском языке просим направлять по адресу:
Москва, К-31, Кузнецкий мост 12, Отдел промышленных каталогов ГПНТБ СССР, тел. 220-78-51

Офсетная печать Ларсен и сынов, Глоstrup, Дания