

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

В.Н. Костюков (НПЦ "Динамика", г. Омск, Россия)

А.П. Науменко (НПЦ "Динамика", г. Омск, Россия)

На нефтеперерабатывающих заводах России безразборная диагностика насосно-компрессорного оборудования осуществляется с помощью стационарных систем компьютерного мониторинга для предупреждения аварий и контроля состояния COMPACS[®]. В настоящее время в систему COMPACS[®] введены алгоритмы диагностики поршневых машин.

Сложность вибродиагностики поршневых машин заключается в цикличности работы их движущихся частей, т.к. в основном диагностика двигателей, центробежных агрегатов производится с помощью спектральных оценок вибросигнала. В поршневых машинах вибросигнал представляет собой почти периодический процесс и степень износа агрегата отражается на изменении уровня вибросигнала при определенных значениях угла поворота коленчатого вала. Однако распознать износу какой детали соответствует изменение вибросигнала достаточно сложно, так как зазоры в различных деталях могут вызывать изменение величины вибросигнала при одних и тех же значениях по углу поворота вала. Решением данной проблемы может быть, во-первых, "грамотный" выбор количества точек расположения вибродатчиков, во-вторых, "удачное" место расположения датчиков на агрегате, в-третьих, "надежный" алгоритм обработки сигналов. Критерием решения этих проблем может быть только практический опыт по анализу неисправностей поршневых компрессоров в момент их капитального ремонта и сопоставление неисправностей с накопленными данными.

Теоретический анализ циклограммы работы поршневого компрессора показывает, что после прохождения мертвой точки в момент уравнивания сил давления газов в обеих полостях цилиндров, уравниваются силы, действующие на кривошипно-шатунный механизм (КШМ), что приводит к переключению ползуна крейцкопфа и выбору зазоров всех подшипников. Наложение процессов от сил, передающихся через коренные и шатунные шейки, составляет общую картину вибраций, фиксируемую датчиками на коренных шейках. Информация с датчиков на коренных подшипниках и крейцкопфного механизма позволяет выявить взаимное влияние сигналов и разделить диагностическую информацию от разных источников сигнала.

Из анализа циклограммы работы клапанов можно определить моменты времени открывания и закрывания клапанов, когда следует ожидать на вибросигнале появление отклика от ударов клапанов и флуктуаций давления в цилиндре.

На основе анализа вибросигналов в различных точках поршневого компрессора было выбрано следующее расположение датчиков на корпусе компрессора типа 4M16M-45/35-55:

- напротив коренного подшипника;
- над направляющими ползуна крейцкопфного механизма;
- на впускных и нагнетательных клапанах.

Накопление, специальные алгоритмы обработки и анализ вибросигналов с установленных датчиков позволил выявить зоны по углу поворота коленчатого вала, в которых соударения тех или иных деталей вызывали существенные всплески сигнала. Корреляция сигналов с разных датчиков выявила влияние на сигналы ударных взаимодействий различных деталей компрессора. Так, на некоторых цилиндрах пульсирующее закрытие нагнетательного клапана приводило к появлению всплесков сигнала с датчиков над ползуном, а иногда и с датчиков, установленных напротив коренных подшипников. Реализация на рис. 1 отображает процесс перекладки ползуна, длительность и местоположение по углу поворота вала выбросов на которой позволяют оценить износ трущихся деталей. На вибросигнале с датчиков коренных подшипников (рис. 2) четко виден процесс выбора зазоров в подшипниках КШМ. По длительности между пиками сигнала можно оценить реальный зазор в подшипниках. Появление на этом сигнале дополнительных пиков может свидетельствовать о появлении зазоров в соединениях крейцкопфного механизма. Обработанная временная реализация вибросигнала (рис. 3) отображает процесс открытия нагнетательного клапана. Появление ряда пиков на временной реализации после открытия клапана говорит о нескольких ударах клапана об ограничитель и, как следствие, о неисправности клапанного механизма. При "размазывании" пиков можно говорить о поломках деталей клапана.

Накопление данных и сопоставление их с неисправностями компрессоров, выявленных в результате ремонта, позволили определить однозначную взаимосвязь между износом деталей и параметрами наблюдаемого сигнала.

При этом применение различных алгоритмов обработки вибросигналов с датчиков, установленных на клапанах и крейцкопфе, позволяет диагностировать поломку даже одной пружины клапана. Опыт показывает, что первые признаки выхода из строя клапана появляются за несколько суток до момента определения его неисправности традиционными способами. Если диагностика с помощью вибродатчика позволяет произвести ремонт клапана, то в других случаях, как правило, клапан ремонту уже не подлежит вследствие поломки пластин.

Длительное наблюдение за работой компрессоров и обработка сигналов с датчиков позволило разработать алгоритм диагностики, который можно эффективно использовать в компьютерных системах

диагностики и мониторинга. Набор решающих правил легко внедряется в экспертную систему.

Можно отметить, что внедрение системы диагностики и мониторинга на работающие и исправные, с точки зрения механиков установок, поршневые компрессора сразу выявило повышенный уровень вибросигнала в отдельных точках по сравнению с ожидаемым, что явилось следствием повышенного износа некоторых деталей агрегатов. При этом аномальных отклонений режимов эксплуатации компрессоров с точки зрения технологических процессов не наблюдалось.

Используемый сегодня алгоритм мониторинга и диагностики поршневых компрессоров позволяет качественно оценить степень износа отдельных деталей. При этом по сигналу дается оценка "допустимо", "недопустимо" или "требуется принятия мер", а также отслеживается скорость перехода от одной оценки к другой по накапливаемым трендам. Последнее позволяет оценить оставшийся ресурс работы компрессора.

Используемая система мониторинга и диагностики поршневых машин позволяет более точно оценивать состояние агрегатов и прогнозировать их срок эксплуатации. Данные с датчиков, установленных на клапанах, дают возможность производить оценку технологического режима работы отдельных цилиндров компрессора и его ступеней, что предполагает более четкое соблюдение технологии эксплуатации компрессора в целом.

Расчет экономической эффективности от внедрения системы вибродиагностики поршневых компрессоров показывает, что затраты на внедрение системы окупаются в течение нескольких месяцев ее эксплуатации.

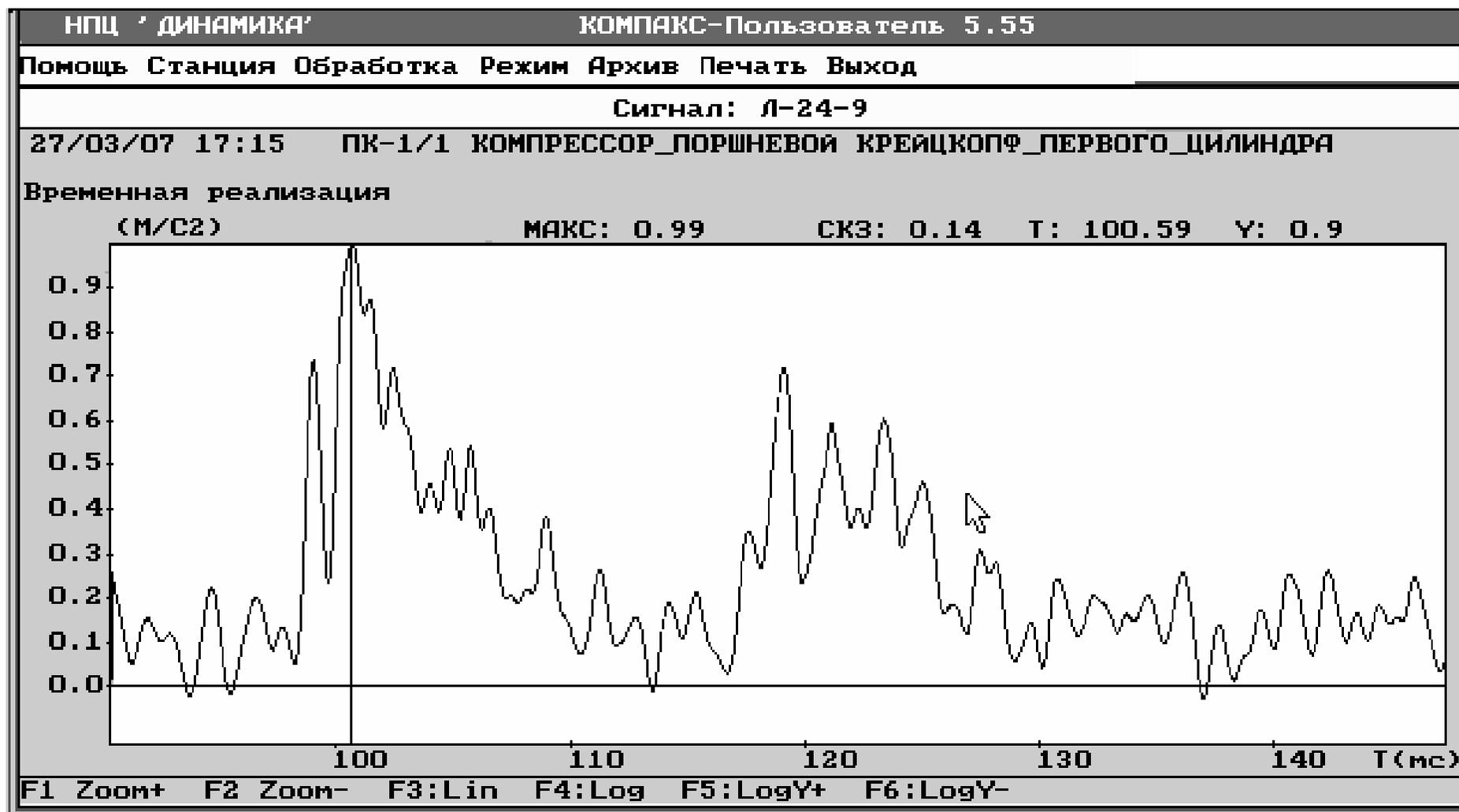


Рис. 1. Вибросигнал изношенного крейцкопфного механизма

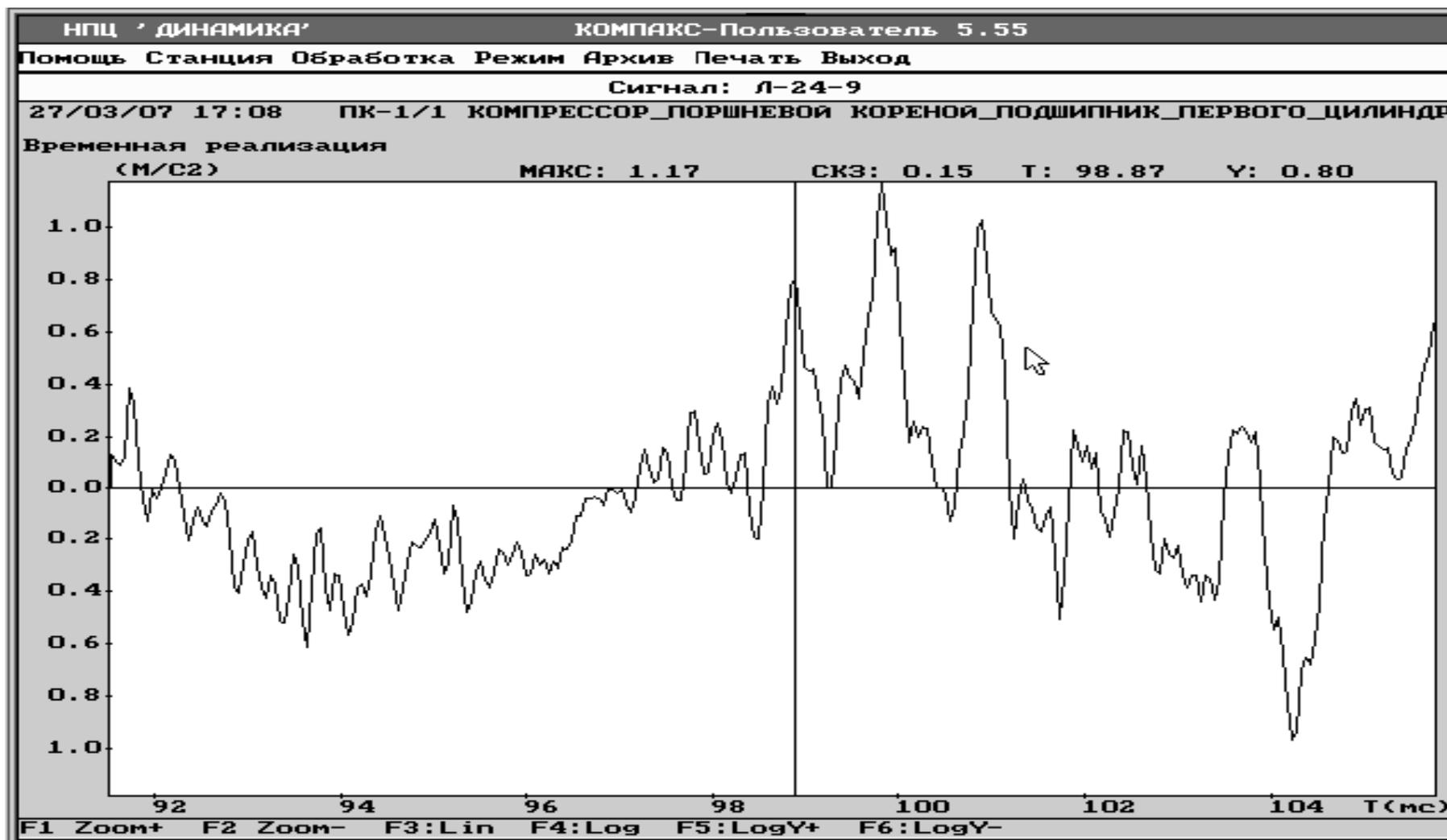


Рис. 2. Вибросигнал процесса выбора зазоров в подшипниках кривошипно-шатунного механизма

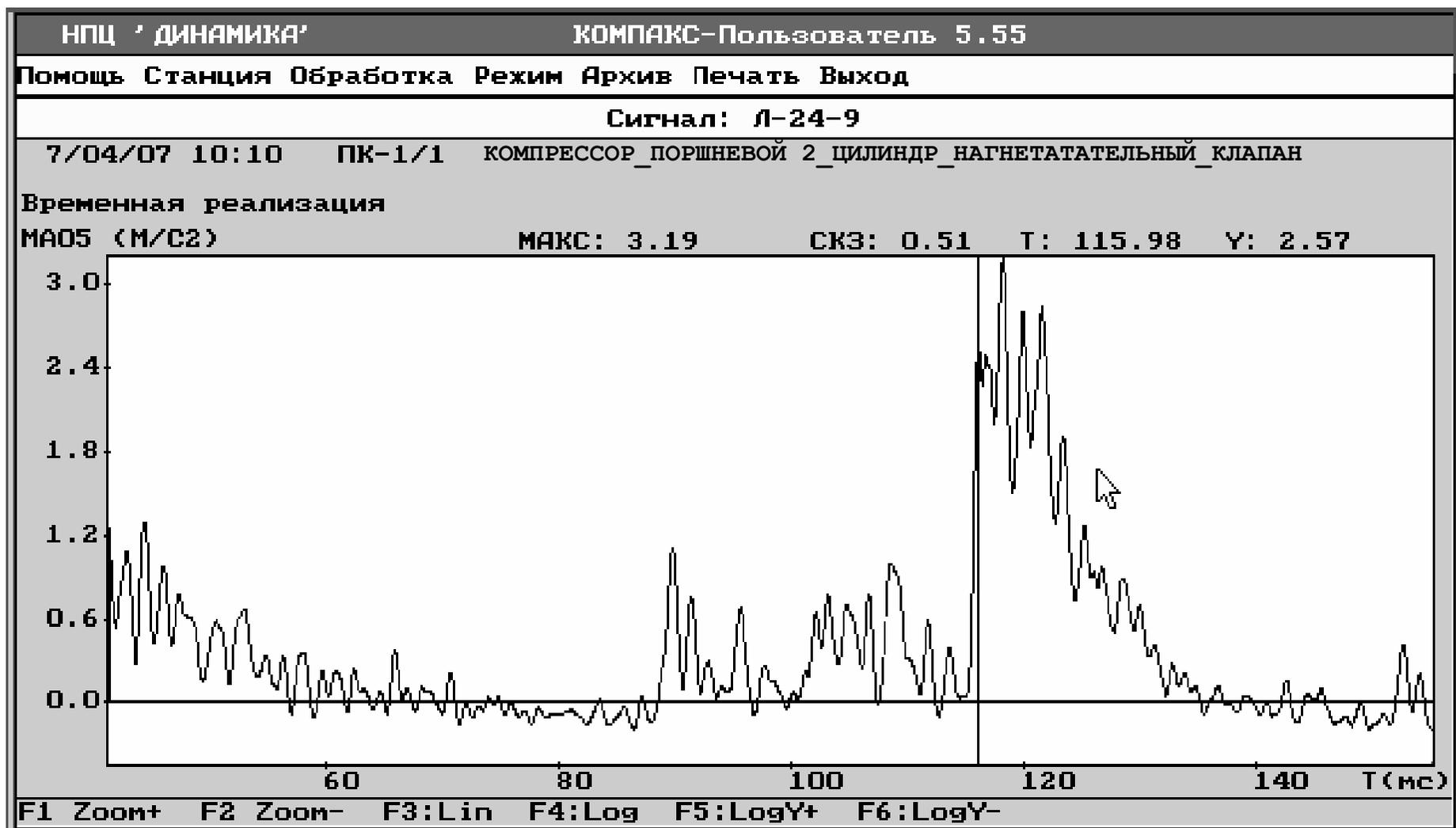


Рис. 3. Вибрация неисправного клапанного механизма