ГОРНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ

УДК 53.087

И.Д. Богомолов, М.Ю. Дрыгин

ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИИ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ ЭКСКАВАТОРА СТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМОЙ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что внедрение средств диагностирования является одним из важнейших факторов повышения экономической эффективности использования оборудования [1]. Основным назначением диагностики является выявление отказов на ранней стадии развития и предупреждение аварии.

Наиболее ярко изменение технического состояния оборудования отражает вибросигнал, что делает его незаменимым при определении дефектов и прогнозировании его развития. Мониторинг и вибродиагностика оборудования позволяют:

— выявить дефект на ранней стадии,

— спрогнозировать развитие дефекта,

— определить причины возникновения,

— вовремя устранит дефект,

— оптимизировать мероприятия по разработке и ведению ремонтных работ.

В свою очередь применение некомплексной технической диагностики может привести к следующим отрицательным факторам:

— вывод из технологического процесса механизмов с «необоснованными» дефектами,

— возможность пропуска в технологический процесс ненадежных изделий,

— необходимость проведения достаточно сложных и трудоемких исследований.

На практике применение методов вибродиагностирования осложнено необходимостью диагностирования по параметрам, являющимся лишь частью комплекса факторов, связанных с дефектом, а также недостаточно полной информацией о кинематической схеме механизма [1].

Идеальная машина теоретически не должна создавать вибрации вообще, однако на практике все обстоит иначе. В любых механизмах возникают механические либо электромагнитные колебания. Элементы машин взаимодействуют друг с другом, и через конструкцию происходит рассеивание энергии в виде механических колебаний. По мере развития дефектов происходят качественные и количественные изменения сил, воздействующих на детали машин [2]. В процессе диагностики наиболее важно четко понимать, что диагностируется не сила, возбуждающая вибрации, а реакция элементов конструкции механизма на воздействии этой силы. Можно привести следующую причинно-следственную связь:

Сила →Податливость→Вибрация

Сила возникает в результате несовершенства конструкции или дефектов механизма. Податливость также зависит от конструкции механизма; являясь нелинейной величиной, она может изменяться в течение времени в зависимости от режима работы машины и нагрузки на нее. Необходимо помнить, что форма кривой вибрации отличается от возмущающей силы [2].

Достоверность диагностирования напрямую зависит от понимания сущности рабочих процессов, выступающих носителем этой информации. Дефекты, связанные с вибрационными процессами, развиваются в течение времени и обычно проходят следующие стадии:

— появление причин вызывающих дефект,

— развитие,

— развитый дефект (определяемый методами вибродиагностирования),

— прогрессирование,

— внезапное либо мгновенное разрушение (обычно вызывающее вторичные разрушения).

Две первые стадии диагностируются по параметрам, характеризующим причины дефекта, длительность и степень его развития [1]. Развитый и прогрессирующий дефект диагностируется различными видами технического диагностирования по параметрам данных повреждений. Соответственно для предотвращения перехода дефекта в стадию мгновенного разрушения и одновременно предотвращения остановки механизма, не выработавшего остаточный ресурс, необходимо проводить качественную и высокоточную диагностику. Важно учитывать, что переход между стадиями может быть как плавный, так и скачкообразный. В тоже время существует достаточно четкая связь между вибрациями дефектов и собственными вибрациями оборудования. При этом процессы износа могут быть прогрессирующими, ускоряющимися или за-

медляющимися.

Так для выкрашивания, кавитации и некоторых других видов износа характерно наличие инкубационного процесса. Проведя анализ приведенных графиков, можно их описать функцией вида $X=V\,t^{\alpha}$, где X - значение параметра; V-скорость изменение параметра при $t=1$, уменьшенная в α раз; t - наработка. Хотя в настоящее время и экспериментально выведен показатель α для различных объектов в реальных условиях, имеет место существование одновременно всех типов деградации узлов механизма. На рис.2. показан график изменения интенсивности вибрации при локальном износе.

Развитие дефекта наиболее часто подчиняется данной зависимости, однако режим интенсивного износа может занимать как незначительную, так и достаточно большую часть время фактической работы узла. В данной ситуации наиболее остро встает вопрос об определении критической точки работоспособности. Несмотря на то, что большинство механизмов выполнено по аналогичным схемам и имеют ряд типоразмеров, каждый из них глубоко индивидуален. Можно сказать, что до сих пор нет четких критериев для нормирования вибрации оборудования [2]. Так, например, при различных типах фундаментов, условий монтажа,

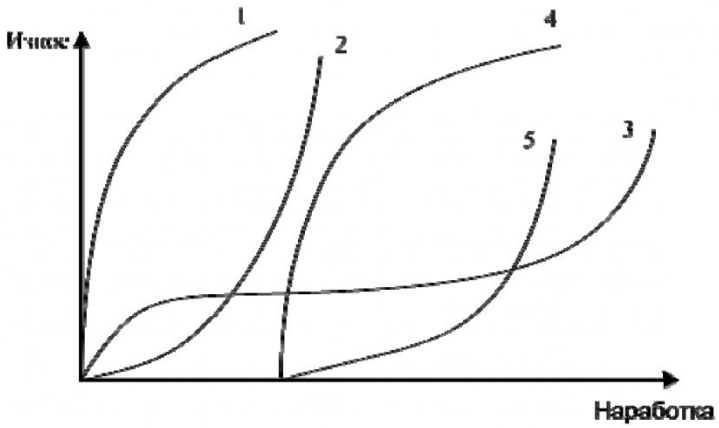

Рис.1.Схема характерных процессов износа узлов механизма в зависимости от наработки:
1 – износ упругого сопряжения, 2 - износ жесткого сопряжения, 3- классическая кривая Лоренца, 4 – усталостный или кавитационный износ, 5- коррозионный износ.

эксплуатации и обслуживания оборудования нормы вибрации будут различны. Большинство практических рекомендаций ссылаются на ИСО2372, VDI2056, BS 4675, в которых указаны одни и те же предельные значения СКЗ виброскорости в диапазоне от 10 до 1000Гц в зависимости от мощности машин и типа фундамента, причем связь норм осуществляется через коэффициент примерно равный 1,6. Также использование только одного значении СКЗ в достаточно широком диапазоне может привести к тому, что при росте одной гармонической составляющей в несколько раз, явно характеризующей дефект, СКЗ может измениться совсем незначительно. Соответственно для корректной оценки уровня вибрации нужно использовать узкие частотные полосы с определенным уровнем механических колебаний для каждого дефекта.

Логичным шагом для наиболее точного контроля за состоянием дефекта, пониманием проблем, связанных с ними, и определением скорости его развития является стационарная диагностическая система. Только использование стационарной системы позволяет видеть состояние механизма в режиме реального времени, что в свою очередь дает возможность оценить и предугадать развитие дефекта, протекающего по различным законам. Также появляется возможность с большей вероятностью предупреждать вероятные аварийные отказы и организовать защиту агрегата от аварии. Так, часто развитие дефекта подшипника генераторной группы экскаватора носит деградационный характер и может протекать в течение короткого времени (10мин.), поэтому при использовании переносных приборов выявить и предотвратить его заклинивание невозможно, а ремонт электрической машины мощностью 1000кВт после такого дефекта доходит до 1 млн.руб.

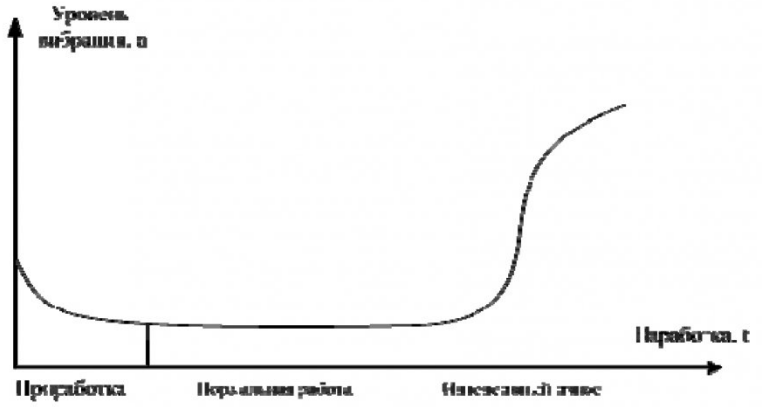

Рис.2. График изменения интенсивности вибрации при локальном износе

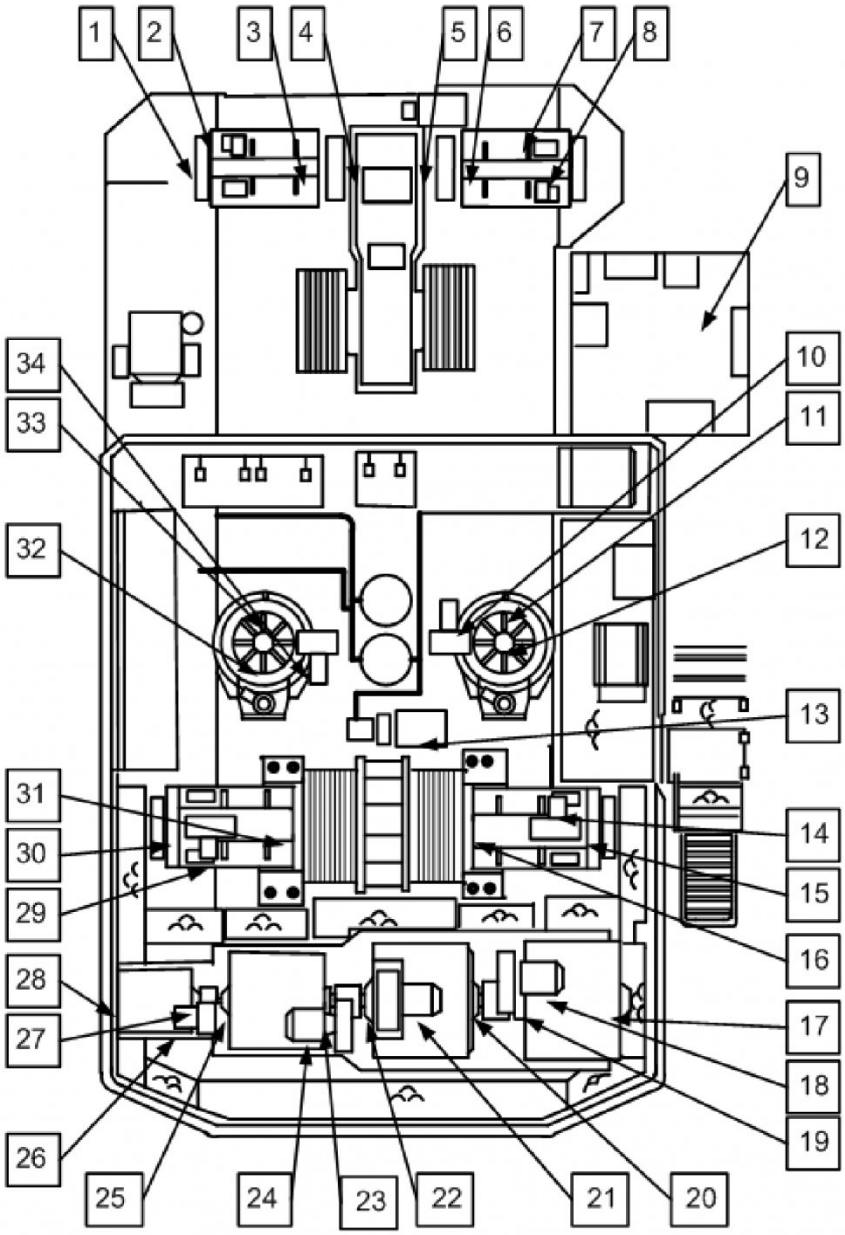

Рис.3. Места расположения точек контроля вибрации

1. Подшипник левого двигателя напора со стороны коллектора 2. Корпус двигателя вентилятора обдува напорного двигателя 3.Подшипник левого двигателя напора со стороны муфты 4.Левый подшипник быстроходного вала первой передачи лебедки напора 5.Правый подшипник быстроходного вала первой передачи лебедки напора 6.Подшипник правого двигателя напора со стороны муфты 7.Корпус двигателя вентилятора обдува правого напорного двигателя 8.Подшипник правого двигателя напора со стороны коллектора 9.Рабочее место машиниста 10.Корпус двигателя вентилятора обдува правого двигателя поворота 11.Нижний подшипник правого двигателя поворота 12.Верхний подшипник правого двигателя поворота 13.Корпус двигателя компрессора 14.Корпус двигателя вентилятора обдува правого двигателя подъема 15.Подшипник со стороны коллектора правого двигателя подъема 16.Подшипник со стороны лебедки правого двигателя подъема 17.Подшипник генератора подъема со стороны коллектора 18.Корпус двигателя вентилятора обдува генератора подъема 19.Подшипник генератора подъема со стороны сетевого двигателя 20.Подшипник сетевого двигателя со стороны генератора подъема 21.Корпус двигателя вентилятора обдува сетевого двигателя 22.Подшипник сетевого двигателя со стороны генератора поворота 23.Подшипник генератора поворота со стороны сетевого двигателя 24.Корпус двигателя обдува генератора поворота 25.Подшипник генератора поворота со стороны генератора напора 26.Корпус двигателя вентилятора обдува генератора напора 27.Подшипник генератора напора со стороны генератора поворота 28. Подшипник генератора напора со стороны коллектора 29.Корпус двигателя вентилятора обдува левого двигателя подъема 30.Подшипник левого двигателя подъема со стороны коллектора 31.Подшипник левого двигателя подъема со стороны лебедки 32.Верхний подшипник левого двигателя поворота 33.Нижний подшипник левого двигателя поворота 34.Корпус двигателя вентилятора обдува левого двигателя поворота

В настоящее время реально работающих стационарных диагностических систем на экскаваторах в России нет. Одна из причин – большая сложность процесса снятия амплитудно-частотной характеристики узла механизма в процессе работы экскаватора. Это обусловлено влиянием вибраций одного механизма на другой, знакопеременной нагрузкой на механизмы, их реверсивностью и меняющимися во времени углами установки в пространстве.

При разработке предложенной системы выбор мест установки датчиков был произведен с соблюдением общепринятых норм, рекомендаций, приведенных в справочниках[1,2,3], а также на базе исследований, проведенных с использованием переносных комплексов виброконтроля; и основывается на практических опытных исследованиях, проведенных с использованием стационарной системы контроля. На рис.3 представлены места расположения точек контроля вибрации.

Для решения проблемы наложения частот различных агрегатов и влияющих на качество снимаемой амплитудно-частотной характеристики параметров, описанных ранее, опрос датчиков вибрации стационарной системой должен производиться с соблюдением следующих условий:

Общие требования:

- экскаватор должен быть установлен на площадке с уклоном, не более рекомендованного заводом изготовителем (до 3 градусов).

Генераторная группа, вентиляторы обдува, двигатель компрессора:

- отсутствие работы механизмов напора, поворота и подъема,
- кузовные вентиляторы выключены.

Механизм подъема:

- отсутствие работы механизмов напора, поворота,
- градация направлений вращения (подъем - опускание),
- градация нагрузки (отсутствие - наличие).

Механизм напора:

- отсутствие работы механизмов подъема и поворота,
- градация направлений вращения (напор - возврат),
- градация нагрузки (отсутствие - наличие).

Механизм поворота:

- отсутствие работы механизмов подъема и напора,
- градация направлений вращения (по часовой – против часовой),
- градация нагрузки (отсутствие - наличие).

С точки зрения способа представления и описания формы вибросигнала различают аналоговою и цифровую. Датчик, в нашем случае пьезоакселерометр, выдает аналоговый сигнал пропорциональный ускорению. С использованием ICP датчиков со встроенным предусилителем аналоговый сигнал передается на расстояние до 20 метров, но с учетом высоких электромагнитных помех расстояние уменьшается примерно наполовину. Далее установлен АЦП, проводящий аналого-цифровое преобразование. Следующим этапом сигнал поступает в промышленный ПК, где производится преобразование Фурье, выделение частотных областей спектра, необходимых для проведения анализа спектра в автоматическом режиме и выдачи предварительных заключений.

В сложившийся ситуации только применение передовых систем контроля и диагностирования, таких как стационарные системы, может вывести предприятие на новую ступень развития. При попытке развертывания стационарных диагностических и мониторинговых систем на экскаваторе возникает множество проблем, связанных с особенностям присущими нестационарным машинам. Знакопеременные нагрузки, различные рабочие углы наклона, цикличность - все это факторы, осложняющие применение данных систем.

В процессе разработки были проведены научные исследования и опытно - экспериментальная работа, частично отраженная в этой статье, что позволило создать и внедрить опытный пилотный проект стационарного диагностического комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования /А. Ширман, А Соловьев / - М.,1996
2. Спектральная вибродиагностика /Русов В.А./ «Вибро-центр», 1991-1996, г. Пермь
3. Вибрации в технике, справочник в 6 томах / В.Н.Челомей / - М., Машиностроение 1981г.
4. ГОСТ ИСО10816-1-97 Контроль состояния машин по результатам вибрации на невращающихся частях.

Авторы статьи:

Богомолов
Игорь Дмитриевич
- докт.техн. наук, проф.каф. горных машин и комплексов КузГТУ
Тел.8-384-2-583301

Дрыгин
Михаил Юрьевич
- аспирант. каф. горных машин и комплексов КузГТУ
Email: mike.drygin@gmail.com., тел. /8-913-296-1642.