

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

магистрант гр. 60330021 Робилко Е. М.

Научный руководитель – доцент Ишин Н. Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

При создании бортовой автоматизированной системы вибромониторинга необходимо разработать эффективные алгоритмы обработки информации с первичных преобразователей вибрации, а также алгоритмы анализа и оценки технического состояния трансмиссионного узла в целом и его элементов таким образом, чтобы в процессе эксплуатации на дисплее водителя отражалось текущее состояние, а специалисты ремонтных подразделений могли обоснованно принять решение о дальнейшей эксплуатации, обслуживании или ремонте зубчатого механизма.

Таким образом, с учетом структуры предварительной обработки измерительной информации общая система алгоритмического обеспечения будет иметь блочную иерархическую структуру с несколькими уровнями обработки и анализа информации (рисунок 1) [1].

Уровень I Модуль вибромониторинга	Нормализация входных сигналов
	масштабирование фильтрация оцифровка интегрирование и дифференцирование
Уровень II Модуль вибромониторинга	Предварительная обработка
	селекция данных по режимам работы (нагрузка и скорость) усреднение и сглаживание синхронное накопление формирование массива данных в флеш-памяти
Уровень III Модуль вибромониторинга	Статистическая обработка процессов
	расчет среднего квадратического значения сигнала (СКЗ) вибраций за оборот контролируемого вала расчет пик-фактора сравнение текущих значений СКЗ и пик фактора с предельными оповещение водителя о состоянии РМК
	Спектральный анализ
	гармонический спектр каждого вала редуктора расчет текущих дискриминант сравнение значений текущих дискриминант с предельными оповещение водителя о состоянии РМК
Уровень IV ПЭВМ	Определение характеристик взаимосвязи процессов
	взаимный корреляционный анализ взаимный спектральный анализ получение корреляционно-регрессионных зависимостей между составляющими спектров
	Обобщение информации по режимам эксплуатации
Уровень V ПЭВМ	построение зависимостей спектральных характеристик
	построение диаграмм возбуждения резонансных колебаний
	получение корреляционно-регрессионных зависимостей спектральных составляющих от параметров работы
	построение спектра маски предельных значений

Рисунок 1 – Структура обработки и анализа информации

Уровни I, II, III связаны со съемом, обработкой, накоплением и анализом параметров вибраций с выдачей диагностического решения для водителя, автоматически реализуемой непосредственно бортовой системой вибромониторинга в процессе эксплуатации машины. Уровни IV и V связаны с глубоким анализом на ПЭВМ данных, накопленных системой вибромониторинга за определенный период эксплуатации трансмиссионного узла, при котором определяется текущее состояние всех его элементов с оценкой их остаточного ресурса.

В качестве критериев оценки технического состояния зубчатых передач приняты: общий уровень виброускорений; уровни виброускорений в октавных спектральных полосах, в которые попадают зубцовые и кратные им гармоники

(до третьей включительно); уровни зубцовых и кратных им гармоник виброускорений (до третьей включительно) в гармонических спектрах всех валов зубчатого механизма, полученных с использованием метода синхронного накопления.

Глубокий анализ осуществляется с помощью специального программного обеспечения в лабораторных условиях специалистами ремонтных подразделений. Его результаты являются основанием для принятия решения о дальнейшей эксплуатации или обслуживании (ремонте) РМК.

Система должна в автоматическом режиме, постоянно или через заданный промежуток времени, обеспечивать мониторинг и оценку технического состояния, как отдельных элементов, так и редуктора в целом (с высокой степенью достоверности обнаружения опасных дефектов) и своевременно оповещать об этом водителя.

Для обеспечения возможности построения трендов, проведения углубленного анализа с оценкой остаточного ресурса дефектных элементов узла система должна накапливать в своей памяти в заданном объеме исходные данные о вибрации за определенный период эксплуатации узла. Накапливаемые данные извлекаются из памяти системы при проведении технического обслуживания машины или с помощью телеметрии периодически передаются для углубленного анализа цеховым службам контроля и диагностики.

Для вынесения заключения о техническом состоянии контролируемого редуктора, необходимо проводить сравнение получаемых величин СКЗ с предельно допустимыми, или амплитуд спектральных составляющих с их пороговыми значениями. Пороговые значения, как правило, формируются на основе статистической обработки и анализа данных по вибрационным характеристикам однотипных редукторов, полученных экспериментально в течение жизненного цикла. На основании пороговых значений вибраций для каждого элемента редуктора строится так называемая опорная маска предельных уровней вибраций, сравнением с которой текущих значений вибраций эксплуатируемого редуктора и определяется его техническое состояние.

Быстрое получение необходимой и в требуемом количестве информации, сравнение ее с «эталонной», прогноз о техническом состоянии объекта под силу лишь автоматизированной системе.

Схема организации процесса автоматизированной виброакустической диагностики приведена на рисунке 2.

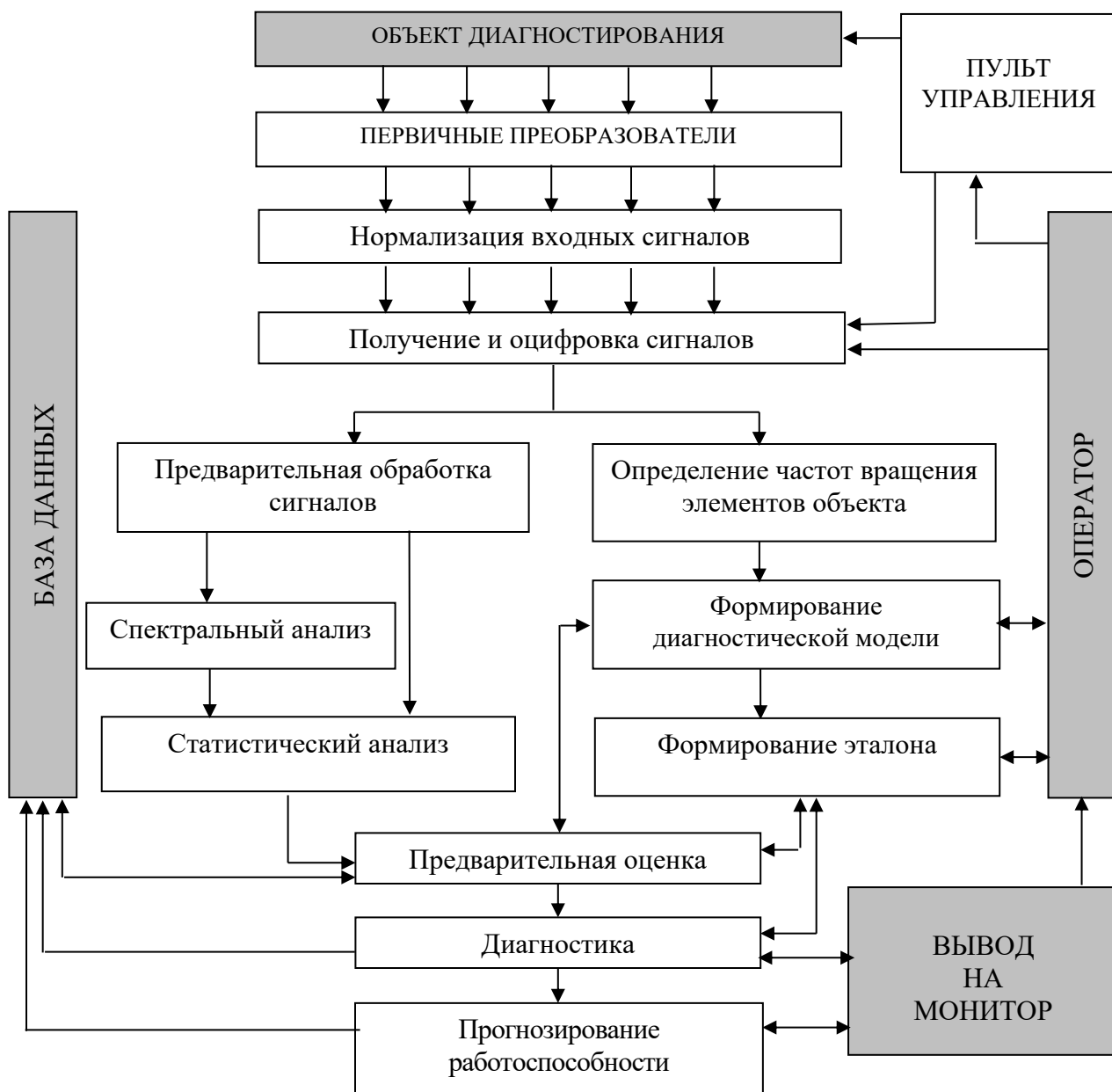


Рисунок 2 – Алгоритм автоматизированной виброакустической диагностики

После определения технического состояния эксплуатируемого редуктора и получения информации о наличии в нем дефекта, необходимо определить вид и место указанного повреждения.

Для автоматизированного вибромониторинга разработан метод и алгоритм (рисунок 3) нормирования вибраций РМК в зависимости от его технического состояния.



Рисунок 3 – Алгоритм расчетных зон уровней вибраций для автоматизированной оценки технического состояния зубчатых пар редуктора мотор-колеса

Такой подход позволяет назначить следующие диапазоны вибрации приводных зубчатых механизмов (рисунок 4): начальной вибрации (А), нормальной (В), увеличенной (С), критической (D). Прямая L_0 ограничивающая значения максимально допустимых величин вибрации в начале эксплуатации, определяется экспериментально.

Далее задействуется программное обеспечение, предназначенное для анализа и углубленной диагностики, а также оценки остаточного ресурса трансмиссионных систем по файлам данных, накопленных бортовой системой вибромониторинга за определенный период эксплуатации, которое базируется на алгоритмах диагностирования с использованием анализа вибрационных процессов.

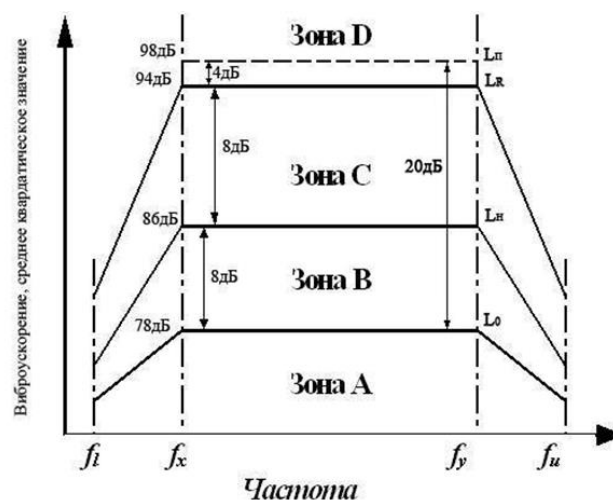


Рисунок 4 – Назначение границ зон вибрации

В общем виде методика диагностирования следующая [2]:

Записывается текущий вибросигнал – X ; Вычисляются СКЗ – среднее квадратическое значение и Π – ПИК-фактор.

СКЗ сравнивается с граничным значением области нормальной эксплуатации B . Если $СКЗ < B$, то на мониторе у водителя высвечивается сообщение о нормальной эксплуатации и программа заканчивает работу до следующего замера.

Если $СКЗ > B$, то СКЗ сравнивается с граничным значением области ограниченной эксплуатации C и программа начинает обработку сигнала по алгоритму синхронного накопления. Определяются вибросигналы каждого из валов редуктора X_i , их спектры S_i , значения СКЗ вибрации и дискриминанты D .

Если СКЗ редуктора и дискриминанты валов ниже своих границ области C , то на мониторе у водителя высвечивается предупреждение и программа заканчивает свою работу до следующего замера.

Если СКЗ редуктора и дискриминанты валов выше границ области C , то СКЗ сравнивается с граничным значением опасной области D и программа продолжает обработку сигнала. Определяются СКЗ_{*i*} вибрации отдельных валов, рассчитывается ресурс находящихся на них зубчатых колес.

Если общий СКЗ редуктора и дискриминанты валов ниже соответствующих границ области D , а ПИК-фактор продолжает увеличиваться, то на мониторе у водителя высвечивается предупреждение об ограниченной эксплуатации и предполагаемый ресурс элемента редуктора, имеющий наименьшее значение, и программа заканчивает свою работу до следующего замера.

Спектры отдельных валов S_i сравниваются с S_{i0} соответствующими масками, рассчитываемый ресурс зубчатых колес сравнивается с базовым и выносится заключение о наиболее вероятных неисправностях редуктора.

Для обеспечения функционирования разработанных алгоритмов система вибромониторинга включает в себя оригинальное прикладное программное обеспечение для бортового блока автоматизированного вибромониторинга и программное обеспечение верхнего уровня для персональной ЭВМ.

Прикладное ПО бортовой системы вибромониторинга обеспечивает функционирование модулей микропроцессорной системы, управляет работой устройства ввода аналоговых и дискретных сигналов, процессом аналого-цифрового преобразования вибросигнала, реализует алгоритмы синхронного накопления, вычисление текущих значений диагностических параметров, сравнение текущих значений с предельно допустимыми, постановку диагноза с информированием водителя о текущем состоянии зубчатого механизма, обеспечивает формирование исходных данных диагностирования и результатов диагностики в файлы и их хранение в памяти бортовой системы, для более глубокого их анализа в случае необходимости.

Особенностью алгоритмов диагностирования зубчатых механизмов является постоянный учет рабочих режимов редуктора по крутящему моменту и скорости движения самосвала с их привязкой к текущим вибрационным параметрам механизма. ПО также создает пользовательский интерфейс для предварительного программирования с ПЭВМ бортовой системы вибромониторинга перед установкой ее на борт машины (вводить коэффициенты преобразования датчиков, создавать файлы калибровочных коэффициентов, вводить маску предельных значений и др.).

Программное обеспечение верхнего уровня предназначено для анализа и углубленной диагностики зубчатых механизмов по файлам данных, накопленным бортовой системой вибромониторинга за определенный период эксплуатации самосвала, на персональной ЭВМ. Взаимодействие с оператором осуществляется в диалоговом режиме работы на русском языке посредством оконного интерфейса.

В частности, серьезная проработка модуля синхронного усреднения диагностической информации позволяет автоматически фильтровать данные о вибрации за один оборот вала, получая информацию о каждом зубчатом колесе в отдельности.

Литература

1. Adrian, I. Cuc. Vibration-Based Techniques for Damage Detection and Health Monitoring of Mechanical Systems / University of S. Carolina, 2002, 113p.
2. Арпабеков, М.И. Технические средства диагностики самоходного горного оборудования и карьерного транспорта // Проблемы карьерного транспорта: материалы 10-й МНПК, Екатеринбург, Ин-т горного дела. - Екатеринбург: Уральское отд-ние РАН, 2009, С. 19-24.