

перевод из ДБ в параметры звукового давления и наоборот;  
осреднение параметров в заданные интервалы времени;  
расчет характеристик, входящих в акустический паспорт;  
оформление результатов в виде таблиц и оцифрованных графиков  
на электрохимической бумаге;

хранение характеристик в виде, удобном для статистического  
анализа и для последующей дополнительной обработки на ЭВМ.

Обработка информации после запуска программы происходит пол-  
ностью автоматически в реальном времени.

Применение комплекса автоматизированной обработки результа-  
тов акустических испытаний позволяет ускорить анализ эффективности  
мероприятий, направленных на снижение шума ГТД.

В.А. Уппит, В.Д. Шершук, В.М. Бейлин,  
Я.С. Урецкий, З.А. Баширов, А.А. Стрельников

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

(Казань)

Следствием современной научно-технической революции является  
быстрое моральное старение газотурбинных двигателей (ГТД). Это  
обстоятельство требует сокращения сроков разработки и доводки ГТД  
при одновременном повышении их надежности и ресурса.

В связи со сказанным, приобрела актуальность проблема уде-  
шевления и ускорения экспериментальных исследований. Принятие на  
предприятиях методы ручной и аппаратурной обработки результатов  
виброиспытаний трудоемки, зависят от субъективной оценки оператор-  
ром и не позволяют обеспечить обработку все увеличивающегося объема  
информации в короткие сроки, а это, в свою очередь, тормозит довод-  
ку двигателей. Одним из важных направлений в решении этой пробле-  
мы является создание высокоэффективной автоматизированной системы  
анализа вибропроцессов с развитыми диагностическими функциями. По-  
вышение достоверности обработки и анализа вибропроцессов позволя-  
ет существенно уменьшить число испытаний двигателей, что ускорит  
их доводку и значительно сократит затраты. Использование ЭЦВМ рас-  
ширяет возможности системы.

Для оценки вибропроцессов ГТД преимущество отдается спектральному анализу в связи с возможностью применения менее сложной аппаратуры и более наглядным представлением результатов [1].

Существенным значением для определения технического состояния по вибрационным процессам, происходящим в двигателе, является приведение результатов спектрального анализа и скорости вращения ротора двигателя. Спектральный анализ можно осуществлять аппаратурно или аналитически с помощью преобразований Фурье и Лапласа [2]. Однако вследствие очень большой информационной емкости вибропроцесса непосредственный ввод всей информации в ЭЦВМ весьма затруднен и во многих случаях неэффективен. Сочетание аналоговых и цифровых устройств позволяет во много раз сократить объем вводимой в ЭЦВМ информации без снижения практической ценности результатов.

Приведенные рассуждения позволяют сформулировать требования к структуре системы. Она должна состоять из трех основных устройств: анализатора спектра вибрации (АСВ), осуществляющей спектральный анализ исследуемого процесса; устройства сопряжения (УС), преобразующего компоненты спектра и обороты ротора двигателя в цифровую форму, а также осуществляющего синхронизацию работы всей системы; ЭЦВМ с устройством вывода результатов, которая должна обрабатывать результаты измерений, проводить их анализ по заданной программе, оптимизировать объем выходной информации и выводить ее в форме, удобной для исследователя. Очевидно, что выбор технических требований на устройства системы должен основываться на специфике и особенностях вибропроцессов ГТД и на той модели, которой его заменили для упрощения исследований. Как показывает анализ, процесс оценки параметров вибрации имеет следующие особенности:

1. Широкий диапазон частот.
2. Ограниченное время анализа.
3. Оперативность получения результатов.
4. Документальность и наглядность представления результатов спектрального анализа.

Из рассмотрения этих особенностей видно, что они в большинстве случаев противоречивы, и это делает задачу определения требований к устройствам автоматизированной системы спектрального анализа весьма сложной. Например, из требований большой ширины диапа-

зона частот и малого времени анализа вытекает необходимость применения в системе анализатора спектра параллельного действия, способного работать в реальном масштабе времени. Для обеспечения одинакового разрешения по частоте в области низких и высоких частот анализирующие фильтры следует выбирать с постоянной добротностью. Требование оперативности, документальности и наглядности представления результатов предъявляют требования к быстродействию блоков устройства сопряжения, к выбору ЭЦВМ и устройству выдачи результатов.

До последнего времени вибропроцесс ГТД рассматривался как детерминированный и описывался суммой идеализированных гармонических форм колебаний. Однако детальное исследование характера вибропроцессов, происходящих в двигателе, показало, что представление его в виде гармонических форм является грубой моделью, не учитывающей некоторых существенных факторов. В большинстве случаев вибропроцесс ГТД можно рассматривать как случайный стационарный эргодический процесс, описываемый вероятностными или статистическими характеристиками [1]. Отсюда следует, что частотная структура вибропроцесса характеризуется спектральной плотностью мощности, и анализатор спектра вибрации должен выдавать энергетический спектр входного сигнала. Структура выбранной системы предполагает наличие в устройстве сопряжения трех основных блоков: коммутатора на выходе фильтров, преобразователя напряжения в код, преобразователя частоты в код, поскольку устанавливаемые на ГТД датчики оборотов имеют выходной сигнал-частоту.

Руководствуясь изложенными выше соображениями, была разработана и внедрена автоматизированная система анализа вибропроцессов ГТД со следующими техническими данными:

диапазон частот анализируемых сигналов .....	20-20000 Гц
динамический диапазон входного сигнала .....	96 дБ
основная погрешность измерения спектральных составляющих по частоте .....	10%
по амплитуде .....	2%
время анализа не более .....	15С
число вычисляемых точек спектра .....	70
диапазон частот входного сигнала оборотов .....	8-100 Гц
уровень входного сигнала оборотов .....	0,6-36 В
максимальная погрешность измерения оборотов .....	0,1%

В системе использована имеющаяся на предприятии ЭВМ "Днепр".

Рассмотренная автоматизированная система спектрального анализа успешно внедрена на одном из моторостроительных предприятий. Ее использование позволило сократить процесс обработки результатов спектрального анализа примерно в 12 раз и дало существенный экономический эффект.

Описанная система может быть использована для автоматизации исследования любых динамических процессов, сигналы которых представлены в виде случайных стационарных эргодических процессов.

#### Л и т е р а т у р а

1. С и д о р е н к о М.К. Виброметрия газотурбинных двигателей. М., "Машиностроение", 1973.
2. Х а р к е в и ч А.А. Спектры и анализ. М., Государственное издательство физико-математической литературы. 1962.

В.И. Бояринцев, Л.А. Варжицкий, П.П. Власов,  
Н.А. Камынин, М.К. Сидоренко

#### СИСТЕМА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГТД

(Куйбышев)

Виброакустическая диагностика обладает большими возможностями в обеспечении безопасности и экономической эффективности эксплуатации газотурбинных двигателей. Необходимое условие практической реализации этих потенциальных возможностей - автоматизация процедуры диагностирования. Эффективность разработки и реализации автоматизированных систем виброакустической диагностики в значительной мере предопределяется степенью учета ряда специфичных для газотурбинной техники требований. Сложность объектов диагностирования и многообразие действующих нагрузок предопределяют необходимость съема виброинформации во многих точках объекта. Измере-