

УДК 621:65.011.56:681.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Тимошин Максим Игоревич

*Магистрант 1 года,  
кафедра «Автоматизированные станочные системы»,  
Тульский государственный университет*

*Научный руководитель: Золотых С.Ф.,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные станочные системы»*

Анализ теоретических исследований по созданию систем обеспечения динамического качества станков определил область существования критериев динамического качества и показал направления исследований, обеспечивающих достижение заданных динамических параметров. Проблема обеспечения заданного динамического качества является далекой от решения, что объясняется, прежде всего, ее сложностью и недостаточной изученностью. Эффективными способами обеспечения качества работы станочного оборудования являются оптимизация динамических параметров на этапе синтеза, или проектирования, применение виброзащитных систем и конструкций на этапе эксплуатации, диагностика и мониторинг технического состояния станков.

Существующие подходы для решения задачи диагностики могут рассматриваться в следующих постановках.

*В первом случае* диагностика проводится с целью исследования соответствия станка техническим требованиям с выдачей рекомендаций по режимам обработки. Как правило, исследования касаются динамической устойчивости станка. Такой подход требует снятия амплитудно-фазово-частотных характеристик станков, что весьма трудоемко и не во всех случаях оправдано. Метод позволяет оценить виброустойчивость станка при критических режимах резания (ширина среза, глубина, подача) без выявления причин низкой виброустойчивости, т.е. без анализа технического состояния узлов технологической системы операций и выдачи рекомендаций по их устранению. При дальнейшем использовании станка, не удовлетворяющего техническим нормам, технологи вынуждены занижать режимы обработки.

*Во второй постановке* используются спектрально-частотные методы. Производится выявление дефектных элементов механической системы станка (зубчатые зацепления, подшипниковые опоры валов, шариковинтовые пары и т.п.) с рекомендациями по их наладке или ремонту. В качестве диагностических признаков используются спектральные характеристики вибро- и акустических сигналов, снимаемых с датчиков. В такой постановке диагностика является наиболее эффективной. Однако представляет собой чрезвычайно сложную и трудоемкую задачу, требующую большого объема экспериментальных исследований и сложного оборудования.

Отдельной задачей в диагностировании станков является *выбор критерия* оценки технического состояния (ТС) узлов.

1. Измерение интегральных вибрационных характеристик позволяет определить общее техническое состояние машины. В основу нормирования абсолютной вибрации заложены рекомендации международного стандарта ИСО 2372-74, в котором в качестве критерия используется среднее квадратическое значение (СКЗ) виброскорости в диапазоне частот от 10Гц до 1кГц. Они основаны на допущении, что подобные по

мощности, высоте оси вращения, частоте вращения, способам установки, условиям монтажа и эксплуатации агрегаты имеют примерно одинаковые допустимые значения вибрации при достижении предельного состояния. Базовым нормативным документом по вибрации в настоящее время является ГОСТ ИСО 10816-1-97, введенным в действие на территории РФ в 1999г., в котором указано, что при сосредоточении значительной части вибрационной энергии за пределами диапазона 10 1000Гц, дополнительному нормированию подвергается СКЗ виброперемещения и виброускорения в соответствующей полосе частот. Причем в качестве критериев оценки используют не только абсолютное значение вибрации, но и их изменение в процессе эксплуатации. Нормы вибрации на машины конкретных типов разработаны во 2 6 частях базового стандарта ГОСТ ИСО 10816-1-97, а также ГОСТ 25364-97.

2. Различные дефекты узлов машин характеризуются различным распределением составляющих вибрации в ортогональных направлениях. Поэтому нормирование интенсивности вибрации корректно проводить отдельно по каждой пространственной составляющей вибросигнала в полосе частот, характерной для данного узла. Необходимость в различии оценки горизонтальной и вертикальной вибрации отмечается в стандартах VDI 2056, ГОСТ ИСО 10816-3-99 и других.

3. Для оценки технического состояния составных частей применяются четыре критерия [1], как и в стандартах ИСО: хорошо (зона А); приемлемо (зона В); допустимо (зона С); недопустимо (зона Д).

Неисправности и дефекты машин (связанные с износом кинематических пар и проточной части, с дефектами монтажа и сборки, с дисбалансом движущихся частей, с неблагоприятными режимами работы и т.д.) определяются по изменениям вибрационных характеристик и показателей режима работы. Для этого используются диагностические словари и специально построенные графики (диаграммы), функциональные и регрессионные зависимости.

4. Металлорежущие станки должны проверяться на соответствие требованиям технического регламента, но пока такой документ не создан, проверяется выполнение положений стандартов или технических условий, если они относятся к безопасности станков. При этом проверяется электробезопасность, конструктивная безопасность и электромагнитная совместимость. Кроме того, установлены и проверяются показатели энергоэффективности, уровни шума, вибрации, содержания в воздухе вредных веществ и эргономические параметры.

5. Наиболее эффективным в этом смысле является “набор” эталонных спектров (образов) механических узлов в нормальном и дефектном состояниях, с которыми производится сравнение снятых спектров с действующего оборудования. Такой подход трудно реализуем, т.к. требует большого объема предварительных экспериментальных исследований, которые зачастую технически сложно реализуемы (спектральные характеристики подшипников с различными дефектами).

6. Другой подход в выборе критерия оценки ТС заключается в применении обобщенного технологического критерия [2]. С поверхности обработанной на диагностируемом станке детали снимается профиллограмма с последующим определением спектра неровностей. Полученный спектр сравнивается с предварительно построенной картой допустимых уровней неровностей (рис. 1), которая определяет частотные границы и предельные значения амплитуд в спектре неровностей поверхности обработанной детали.

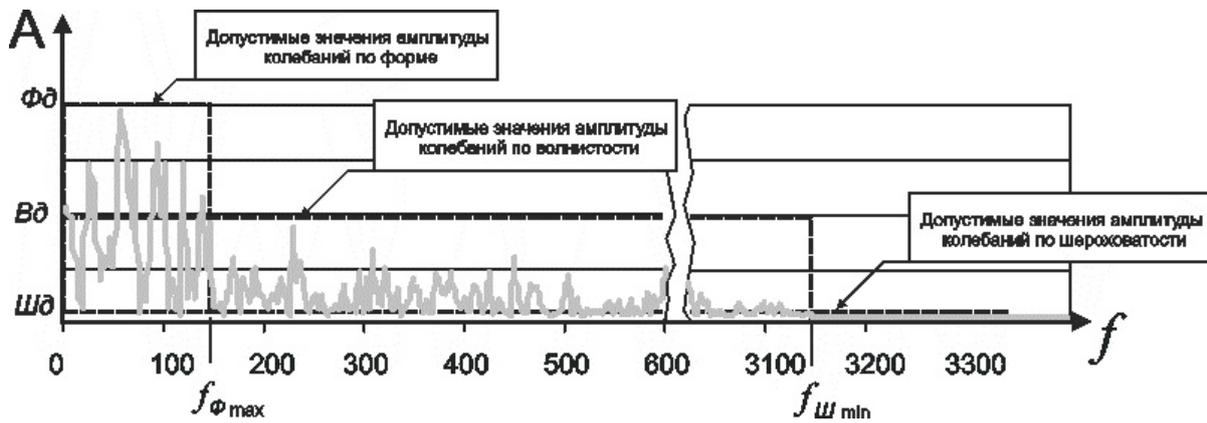


Рис.1. Технологическая карта допустимых уровней спектров неровностей

Обобщенный технологический критерий определяет частотные границы и предельные значения амплитуд в спектре неровностей поверхности обработанной детали. Спектр неровностей, в свою очередь формируется относительными колебаниями инструмента и детали в процессе обработки.

При этом диагностическим признаком, с помощью которого находят причину (источник) параметрического отказа, служит превышение уровня механических колебаний станка на определенной частоте по сравнению с нормированным уровнем.

Обобщенный технологический критерий и рассмотренная методика с позиций ранее выдвинутых требований к оперативной диагностике обладают следующими недостатками.

- Спектр неровностей обработанной поверхности отражает не только ТС станка, но и влияние самого процесса резания – режимов обработки, материала заготовки, характеристик резца.

- Для снятия профилограмм требуется применение профилографов-профилометров, что весьма трудоемко и снижает оперативность методики.

7. Для количественного сравнения некоторых опорных спектров, например полученных теоретически, и спектров, снятых с диагностируемого станка, предложено использовать дискриминантные функции [3].

Процесс принятия решения базируется на построении границ областей решений, разделяющих рассматриваемые  $M$  классов-состояний ( $M$  – число анализируемых состояний или классов). Границы этих областей определяются дискриминантными функциями  $g_1(A), g_2(A), \dots, g_M(A)$ , которые представляют собой скалярные и однозначные функции образа  $A$ . Если  $g_i(A) > g_j(A)$ , для всех  $i, j = 1, 2, \dots, M, j \neq i$ , то  $A \in R_0^i$ .

Евклидово расстояние между произвольным вектором  $A$  и  $i$ -м опорным  $A_0^i$  определяется выражением:

$$D_i(A) = \|A - A_0^i\| = \sqrt{(A - A_0^i)^T (A - A_0^i)}.$$

В качестве примера на рис. 2 показаны спектры вибрации нагруженной опоры шпиндельного узла (ШУ) станка УТ16Ф3 и аппроксимирующие их векторы.

При построении векторов спектров вычислялись граничные частоты и частота дискретизации на основании теоремы Котельникова и частот Найквиста.

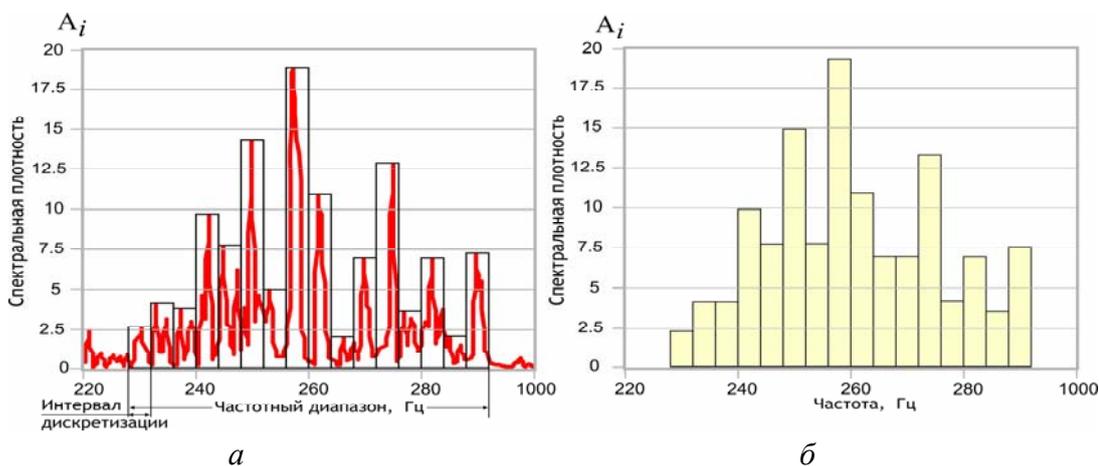


Рис.2. Спектр вибрации ШУ токарного станка УТ16Ф3 и аппроксимирующие его векторы  $A_j, A_0$ : а – спектр и координаты вектора  $A_1$ ; б – координаты вектора  $A_0$

В приведенной методике требуются опорные (базовые) спектральные характеристики. Последнее предполагает отдельные как теоретические, так и экспериментальные исследования.

### Литература

1. Применение автоматизированного комплекса оценки качества станочных систем: Метод. рекомендации./Сост. А.Л. Вильсон – М.: ЭНИМС, 1988. –26с.
2. Юдашкин Г.Л. Экспериментальные исследования технического состояния станков по параметрам неровностей поверхности обработанных деталей: Тезисы докладов Всесоюзной Науч. прок. конф. наук. “Пробл. создания и внедрения гибких производственных роботехнических комплексов на предприятиях машиностроения” Машиностроение,.: Одесса, 1989–38с.
3. Золотых С.Ф., Тураносов С.М., Казимиров А.Н. К выбору метода исследования частотных характеристик технологической системы операций // Известия ТулГУ. Серия. Технологическая системотехника. Вып. 1. Избран. тр. участ. Второй международной электронной научно-технической конференции. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2003. – 353 с.