

**РАСЧЕТ ОБЛАСТИ УСТОЧИВОГО ПРОЦЕССА
ШЛИФОВАНИЯ С УЧЕТОМ ДИНАМИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ШПИНДЕЛЬНЫХ УСТОЙСТВ**

Зубарев Ю.М., Алейникова М.А.

**Санкт-Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ),
Санкт-Петербург, Россия**

At processing preparations on grinding machine tools often there are vibrations, which cause of deterioration of units of the machine tool, reduce accuracy, increase a roughness and sinuosity of the processed surface, increase the charge of the tool. Proceeding from this, the finding by a settlement and experimental way of borders of area of steady job is a urgent scientific and practical task.

Основные особенности динамической системы станка заключаются в ее замкнутости и многоконтурности, рабочие процессы взаимосвязаны друг с другом через упругую систему, причем обратным влиянием упругой системы на рабочие процессы, как правило, пренебречь нельзя. Однако, в отдельных случаях, учитывая только наиболее существенные обратные связи, можно перейти к представлению об эквивалентной динамической системе станка как об одноконтурной системе (рис. 1).



Рис. 1. Станок и процесс резания, как замкнутый контур

Свойства элемента контура можно определить, если известны параметры его динамических характеристик. Для шпиндельного устройства шлифовальных станков это коэффициенты матриц $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$, где \bar{A} - коэффициент квазиупругой системы, \bar{B} - коэффициент диссипативной системы, \bar{C} - коэффициент инерционной системы.

Процесс шлифования, как элемент динамической системы, представляет собой сложную систему, свойства которой зависят от характеристики абразивного инструмента, режимов резания, свойств обрабатываемого материала, применяемых СОТС и др.

Метод исследования виброустойчивости станков с помощью частотного критерия устойчивости основан на определении АФЧХ шпиндельного устройства станка. Оценка виброустойчивости станка осуществляется путем построения областей устойчивости, а именно определяется зависимость глубины шлифования или средней ширины стружки, снимаемой в процессе шлифования без вибраций (B_c), от скорости резания.

Алгоритм построения АФЧХ:

- находится коэффициент A_1 ;
- подсчитываются линеаризованные коэффициенты вязкого трения B_j ;
- определяются коэффициенты матрицы демпфирования V_{ij} ;
- вычисляются коэффициенты h_k ;
- находится A_k ; a_k ;
- определяется АФЧХ.

Алгоритм основан на алгоритме вычисления свободных колебаний. Элементы упругой системы, колебания которых превалируют в относительных колебаниях на той или иной частоте, выявляются путем

построения форм колебаний на основании данных о величине абсолютных смещений элементов станка в определенный момент времени. Расчет показал, что основная доля статической податливости станка модели ЗГ71М приходится на шпиндель (44 %), подшипники шпинделя (21 %), консоль шпиндельной бабки (14 %) и механизм вертикальной подачи (15 %).

На частоте 125 Гц преобладают вертикальные колебания шлифовальной бабки, обусловленные податливостью механизма вертикальной подачи. Относительные колебания с частотой 290 Гц определяются главным образом податливостью шпинделя и подшипников. Этой частоте соответствует первая форма известных колебаний шпинделя. Частота 480 Гц характеризуется значительными угловыми колебаниями планшайбы с кругом; они почти целиком обусловлены податливостью шпинделя и контакта его с планшайбой круга и соответствует второй форме изгибных колебаний.

Для проверки результатов расчета динамические характеристики станка модели ЗГ71М определены экспериментально. При сравнении результатов расчета и эксперимента для более высоких частот следует иметь в виду, что параметры опор шпинделя определяем по формулам для гидродинамического подшипника, тогда как в экспериментах демпфирование было иным, поскольку шпиндель не вращался.

Рассчитаны также относительные колебания станка при силовых возмущениях от электродвигателя привода круга и при колебаниях фундамента. Колебания станка от действия дисбаланса шлифовального круга фактически определены при расчете АФЧХ относительных колебаний станка (рис.2), поскольку влияние стола на относительные вертикальные колебания незначительны (менее 10 %).

При расчете реакции станка на возмущения от электродвигателя привода круга учитывались частоты этих возмущений, которые обычно соответствуют частоте вращения ротора (влияние дисбаланса), двойной оборотной частоте (влияние овальности опорных шеек якоря и несимметричности его обмоток), двойной частоте сети (влияние неравномерности магнитного зазора между якорем и статором) и др.

Известно, что установившееся резание может протекать в трех режимах:

- спокойное, при отсутствии колебаний;
- спокойное, с небольшими колебаниями, образующими на обработанной поверхности некоторую волнистость;
- с недопустимыми вибрациями.

Первый режим соответствует области устойчивого равновесного состояния, а остальные – предельным циклам двух видов. Выявление параметров системы, позволяющих реализовать устойчивые предельные циклы с заданной амплитудой, не только имеет теоретическое значение, но и дает возможность повысить расчетную производительность станков в

области спокойного резания при допустимой волнистости обрабатываемой поверхности.

Для того, чтобы построить граничную кривую в плоскости параметров t или V_c (глубина шлифования или средняя ширина срезаемой стружки) и V_k (скорость резания), достаточно воспользоваться известным в теории регулирования методом Д-разбиения и выяснить границу областей устойчивости системы, обеспечивая некоторое ее удаление от этой границы [1, 2]. Полученная кривая (рис. 3) и будет границей области устойчивого шлифования.

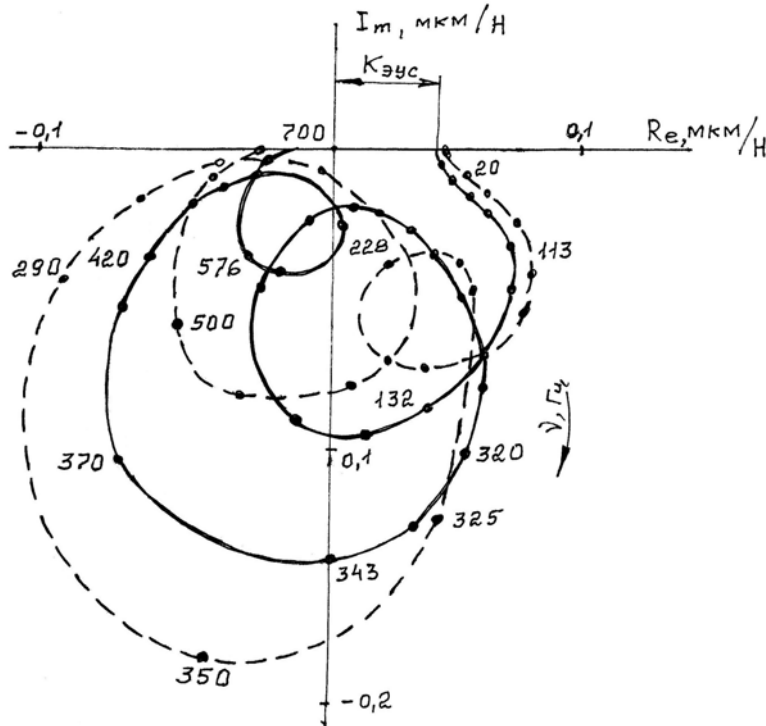


Рис. 2. АФЧХ ЭУС станка 3Г71М: сплошная линия – расчетная, штриховая – эксперимент. Статическая податливость станка $K_{эус} = 0,049$ мкм/Н, резонансные частоты 132 Гц, 346 Гц, 576 Гц.

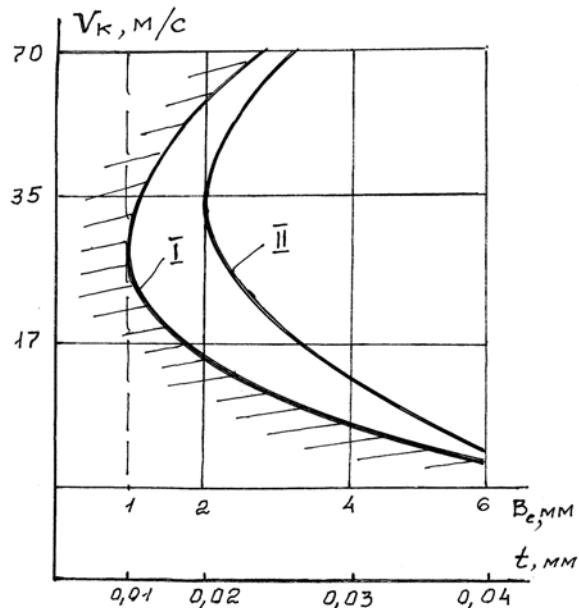


Рис. 3. Кривая границ устойчивого шлифования: I – станок 3Г71М, II – станок 3Е711ИВ

Предложенный метод определения областей устойчивости при шлифовании позволяет еще на этапе проектирования станка, а также при разработке технологических процессов (расчете режимов резания) механической обработки, прогнозировать и достаточно достоверно определять зону, в которой обработка будет вестись наилучшим образом.

Литература:

1. Эльясберг М.Е. Автоколебания металлорежущих станков. СПб.: изд. ОКБС. 1993.
2. Зубарев Ю.М., Агаркова Н.Н., Сикалова М.А. Расчет шпиндельных устройств станка на устойчивость резания. – Физические процессы при резании металлов. – Сб. н.р. Волгоград-Ижевск. Изд ВолгГТУ, Волгоград, 1997. – С. 114-119.